

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

PREVENCIÓN DE LESIONES DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN DEPORTISTAS FEMENINAS. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

DAVINIA RÍO ESTELLA

DIRECTORA:
Ana Ibáñez Pejenaute

Tudela de Navarra

Fecha: 18/06/2014

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Antecedentes: actualmente hay un gran número de lesiones de LCA ligadas a un mal plan de prevención, lo que conlleva a un gran coste sanitario.

Objetivos: realizar una revisión sistemática para comprobar si son efectivos los programas de prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior en mujeres deportistas.

Metodología: búsqueda en bases de datos como Pubmed, Science Direct, Scopus, PEDro, Web of Knowledge y Cochrane Library. También del libro "prevención de lesiones en el deporte" de D.Romero y J.Tous.

Resultados: de los 13 artículos analizados, 11 muestran que los programas de prevención de LCA son efectivos y sólo en 2 no se aprecian diferencias significativas en comparación con un calentamiento normal.

Conclusiones: se ha demostrado que los programas de prevención de LCA son beneficiosos en deportistas femeninas. La efectividad de estos programas está en función de la adherencia de las deportistas a los programas y al tipo de ejercicios que incluyen.

Palabras clave: "prevención de lesiones" "ligamento cruzado anterior" "mujeres" "LCA"

ABSTRACT

Background: Nowadays there is currently a large number of ACL injuries related to poor prevention plan, leading to a major health cost.

Objective: To conduct a systematic review to see if programs are effective in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes.

Methods: We conducted a systematic review with use of the online PubMed, Science Direct, Scopus, PEDro, Web of Knowledge and Cochrane Library. Also the book "Injury prevention in sport" of D.Romero and J.Tous.

Results: we analyzed 13 articles, 11 show that ACL prevention programs are effective and only 2 had not significant differences compared with normal warming.

Conclusions: It has been shown that ACL prevention programs are beneficial in sportswomen. The effectiveness of these programs is based on the adherence of the sports programs and the type of exercises that include.

Keywords: "injury prevention" "anterior cruciate ligament" "female" "ACL"

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN/ANTECEDENTES/MARCO CONCEPTUAL	1-4
– Biomecánica del LCA	
– Causas de las rupturas	
– Mecanismo de lesión	
– Factores de riesgo de lesión	
– Hipótesis multifactoriales	
– Lesiones	
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	5
– Hipótesis	
– Objetivo general	
– Objetivos específicos	
METODOLOGÍA	6-20
– Fuentes y búsqueda de datos	
– Estrategia de búsqueda	
– Criterios de inclusión y exclusión	
– Calidad metodológica	
– Características de los estudios	
– Artículos incluidos en la revisión sistemática	
RESULTADOS	21-23
DISCUSIÓN	24-32
– Discusión de los artículos incluidos en la revisión	
– Fases en el deporte	
– Principios en el entrenamiento	
– A nivel económico	
– Limitaciones de la revisión	
CONCLUSIONES	33-35
FUENTES DE INFORMACIÓN	36-37
ANEXO I	38-41
ANEXO II	42-49

INTRODUCCIÓN/ANTECEDENTES/MARCO CONCEPTUAL:

Actualmente las mujeres se han ido incorporando progresivamente en los deportes, por lo que ha aumentado la predisposición a padecer una lesión, ya que éstas tienen un factor de riesgo de 4 a 6 veces mayor que el de los hombres (1). Se data que comenzaron a participar en pruebas deportivas en 1972 (10), aunque en un principio sólo les fue permitido participar en ciertos deportes (patinaje, tiro con arco...).

Lesión: “Cualquier condición física o médica que impide a un jugador participar en un partido” (2) o “Cualquier problema musculoesquelético que provoca una parada del entrenamiento al menos durante 1 día, reducción del kilometraje (carga entreno), ingesta de medicamentos o solicitud de ayuda médica” (3).

Ligamento cruzado anterior: El LCA es una banda de tejido fibroso situado en la parte medial de la rodilla que une la tibia y el fémur en 1 articulación. Es uno de los 4 ligamentos principales de la rodilla y se cruza en X dentro de la misma. Su longitud es de 31mm, su espesor de 5 mm y su anchura de 10 mm aproximadamente.

BIOMECÁNICA DEL LCA:

Conecta la parte posterolateral del fémur con la parte anteromedial de la tibia, pasando por detrás de la rótula. Esta unión permite evitar un desplazamiento hacia delante de la tibia respecto al fémur. Combinado con el ligamento cruzado posterior proporciona estabilidad rotacional a la rodilla. Es fundamental no olvidar su función propioceptiva.

El LCA es el estabilizador más importante de la rodilla (90% de la estabilidad). Adopta una disposición helicoidal característica, la cual proporciona una tensión adecuada del ligamento a través de todo su rango de movimiento.

Alberga terminaciones nerviosas sensoriales como son las terminaciones de Ruffini, los corpúsculos de Pacini, las terminaciones de Golgi y las terminaciones nerviosas libres que proveen al SNC de información sobre las características de los movimientos y de las posiciones relacionadas con el estiramiento de estos ligamentos. Además detectan cambios en la tensión, la velocidad, la aceleración, la dirección del movimiento y la posición de la rodilla.

La maniobra exploratoria de Lachman tiene una sensibilidad del 87%-98%, por lo que consideramos a ésta la prueba clínica de elección para el diagnóstico de lesión del ligamento cruzado anterior. Con una menor sensibilidad diagnóstica se dispone de las maniobras del cajón anterior y del pivote. La sensibilidad y especificidad diagnóstica de la resonancia magnética son del 95%, por lo que se considera el método de elección para confirmar la lesión (26).

La lesión más común de la rodilla es la que afecta al ligamento cruzado anterior, representando el 50% de las lesiones ligamentosas de rodilla; produciéndose el 75% durante actividades deportivas, y afectando en mayor proporción a las mujeres que a los hombres (26).

CAUSAS DE LAS RUPTURAS:

- Golpe en un lado de la rodilla.
- Parada rápida en combinación con un cambio de dirección al estar corriendo.
- Al aterrizar en un salto.
- Hiperextensión de la rodilla aislada o en combinación con rotación interna de la tibia.

Son frecuentes al realizar actividades físicas agresivas que provocan un genu valgo forzado de la pierna. La operación se realiza por artroscopia o cirugía abierta. Se estima que 38.000 atletas femeninas sufren esta lesión al año (11).

Se da un mayor % de **lesiones de ligamento cruzado anterior** sin contacto (por cambios de dirección-velocidad...) (1). Alrededor de un 50% de los pacientes con lesión del ligamento cruzado anterior tienen además otras lesiones (1). Ejemplo: infeliz triada (LCA + menisco medial + ligamento colateral medial).

También hay mayor % de lesiones en mujeres que en hombres por las hipótesis multifactoriales que veremos posteriormente (7). Pueden ser necesarios entre 6 y 9 meses de descanso para volver a practicar deportes, ya que el cuádriceps tiene que haber recuperado su fuerza por lo menos en un 85% (8).

Las personas que padecen una ruptura del ligamento cruzado anterior tienen un gran riesgo de padecer osteoartritis (10).

MECANISMO DE LESIÓN (8, 26):

El mecanismo lesivo más común de este ligamento se produce tras una deceleración rápida acompañada de una torsión de rodilla (la rotación del fémur sobre una tibia fija durante un movimiento de valgo excesivo o forzado).

- **En pretemporada**→ mayor % producidas sin contacto (68%), ocasionadas por una sobrecarga muscular, pues aquí hay un mayor tiempo de entrenamiento y un menor tiempo de juego. Son de menor gravedad. Ej: chute, carrera, otras de no contacto...
- **En temporada**→ mayor % producidas por contacto (40%), ya que al haber mayor tiempo de juego hay mayor riesgo de contacto. Son de mayor gravedad. Ej: tackle, estiramientos, salto, cabezazo...

FACTORES DE RIESGO DE LESIÓN:

“Al llevar a cabo 1 revisión bibliográfica (no necesariamente exhaustiva) del porcentaje de lesiones, es evidente que la mayoría de ellas están causadas por factores intrínsecos” (1).

Pero el mayor factor de riesgo son las lesiones previas→ el 46% son por recurrencias. Ocasionadas por una mala prevención o por no haber curado completamente. Esto supone un 30% más de ausencia deportiva en competiciones y entrenamientos (1).

A continuación se pueden observar los factores de riesgo más frecuentes:

Factores intrínsecos (propios del deportista)	Factores extrínsecos (ajenos al deportista)	Acontecimientos desencadenantes (mixto)
Edad Sexo Composición corporal Salud Extremidad dominante Etnia Historia lesiva Cualidades físicas Factores morfológicos Factores psicológicos	Deportivos Protecciones Equipamiento deportivo Ambiente Superficie del terreno de juego Calzado Supervisión de actividades	Situación de juego Jugador/oponente Descripción biomecánica

Tabla 1: realizada a partir de los datos obtenidos en el libro “prevención de lesiones en el deporte” (1).

También cabe destacar que las atletas femeninas tienen de 4 a 6 veces más probabilidades de riesgo de lesión importante en la rodilla con respecto a los varones (1). No se sabe a ciencia cierta el porqué de esta diferencia entre sexos, aunque sí que hay varias hipótesis multifactoriales que tratan de explicarlo (7).

HIPÓTESIS MULTIFACTORIALES:

- a) **Ángulo Q** → es el ángulo que se forma entre la línea de la espina iliaca anterosuperior al centro de la rótula y la línea del centro de la rótula a la tuberosidad tibial. Se ha visto que en las mujeres este ángulo está aumentado (en mujeres mayor valgo de rodilla)
- b) **Neuromuscular** → se ha comprobado que en las mujeres se produce:
 - Menor reclutamiento de fibras.
 - Mayor tiempo de reacción.
 - Mayor tiempo necesario para generar fuerza máxima en cambios de dirección, velocidad o recepciones.
- c) **Variaciones hormonales (ciclo menstrual)** → los estrógenos, la progesterona y la relaxina ocasionan una laxitud articular, por lo que el tendón y el ligamento pierden fuerza y provocan un menor control motor.

El entrenamiento de 6 semanas en atletas femeninas jóvenes tiene un efecto beneficioso, pues presentan un riesgo de 1,3 veces mayor que el grupo control masculino cuando sin entrenar presentan 4,8 (6). También presentan 3,6 veces menos riesgo de lesión que las mujeres que no entrenan (6).

Los miembros inferiores son los que más se lesionan, incluso en deportes en los que los miembros superiores son los claves en rendimiento (ejemplo: hockey, vóley...) (1).

La articulación que más se lesiona en deportes como el fútbol, baloncesto, voleibol y balonmano es el tobillo (especialmente el ligamento lateral externo 75%) y su gravedad suele ser leve-moderada. También es frecuente en estos deportes la lesión de rodilla, donde su gravedad es mayor (1). En cambio, en deportes de saltos o de sprint lo que más se lesiona es la musculatura isquiosural y en menor medida el cuádriceps, especialmente en carrera (57%) (1).

LESIONES:

Se clasifican en 3 grupos según su gravedad: Ekstrand and Gillquist

- **Lesión menor** → no entrenamiento-competición ≤ 7 días. Ej: ligera sobrecarga muscular.
- **Lesión moderada** → no entrenamiento-competición 8-30 días. Ej: rotura de fibras musculares.
- **Lesión importante** → no entrenamiento-competición > 30 días. Ej: rotura de LCA.

La gravedad de la lesión difiere según el sexo:

	FUTBOL MASCULINO (4)	FUTBOL FEMENINO (5)
Lesión leve	65%	31%
Lesión moderada	25%	51%
Lesión grave	10%	18%

Tabla 2: incidencia en la gravedad de las lesiones en cuanto al sexo (1).

Podemos observar como los deportistas masculinos tienen más lesiones leves que las mujeres. Las cuales presentan un mayor número de moderadas y graves.

Según el momento de aparición de la lesión (4):

- En los primeros 15 min de la 1ª parte → deportista fresco que trata de intimidar al contrario.
- En los primeros 15 min de la 2ª parte → mal calentamiento tras el descanso.
- En los últimos 15 min de cada parte → por la fatiga muscular (depleción de glucógeno + deshidratación).

EN LA ACTUALIDAD:

Es un tema que actualmente está adquiriendo gran relevancia, están siendo muy investigados los factores predisponentes de lesión en deportistas femeninas y los programas de prevención a llevar a cabo. En cambio, hay un menor número de artículos que se refieren a deportistas masculinos pues se ha visto que en ellos no son los factores neuromusculares los causantes de la lesión.

Siempre han sido muy valorados los equipos masculinos, los cuales cuentan con una gran afición y sus partidos son emitidos en la televisión... En cambio, muy pocos partidos de equipos femeninos han sido emitidos y, especialmente años atrás, las deportistas femeninas han sido despreciadas. Ahora está empezando a cambiar esta visión pero aún no se ha conseguido del todo, como podemos ver en el club del Osasuna, el cual ha decidido prescindir de su equipo de fútbol femenino pues no le resultaban rentables; lo que supone un retroceso en el ámbito de la igualdad deportiva.

Cabe destacar que a pesar del gran número de lesiones de LCA que se producen, las federaciones, equipos... no le otorgan la suficiente importancia a estos planes de prevención de lesiones, ya que en muchas ocasiones se ven presionados mediáticamente y reducen su duración... a expensas de la salud de las jugadoras.

HIPÓTESIS:

La aplicación de determinados programas de prevención, basados en la propiocepción y el entrenamiento neuromuscular multimodal (ejercicios de fuerza, de agilidad, de flexibilidad, estiramientos, ejercicios pliométricos y concienciación de la estabilidad de la articulación de la rodilla) tienen un efecto protector sobre la incidencia de lesión del ligamento cruzado anterior en deportistas femeninas.

OBJETIVOS:

Objetivo principal: realizar una revisión de toda la literatura que ha sido publicada en los últimos años para poder evidenciar si son efectivos los programas de prevención del ligamento cruzado anterior en deportistas femeninas.

Objetivos específicos:

- Estudiar el nivel de evidencia científica que respaldan a estas intervenciones.
- Adquirir agilidad y destreza en la búsqueda de artículos.

METODOLOGÍA:

FUENTES Y BÚSQUEDA DE DATOS:

Para llevar a cabo esta revisión sistemática se realizó una búsqueda exhaustiva en diversas bases de datos como Pubmed, Medline, PEDro, Science Direct, Scopus, Web of Knowledge, Dialnet, Scielo, ENFISPO y Cochrane Library. También se obtuvo información del libro “prevención de lesiones en el deporte” de D.Romero y J.Tous y de revistas electrónicas.

La búsqueda se limitó a artículos en lengua inglesa o española que comprendían desde 1999-2014, además de solo investigaciones con sujetos humanos. Las palabras claves usadas fueron “prevención de lesiones”, “ligamento cruzado anterior” “LCA” “mujeres” (“injury prevention” “anterior cruciate ligament” “ACL” “female”); todas ellas combinadas con la partícula AND.

ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA:

A) Pubmed:

Al poner las palabras clave antes expuestas se obtuvieron 317 artículos, a los cuales se realizó un cribado mediante el uso de filtros como el año (1999-2014), sólo en humanos y únicamente en lenguas inglesa y española, tras lo cual quedaron 261 artículos.

Después, al leer los títulos y los abstract más relevantes se decidió excluir las revisiones sistemáticas, los artículos que no tuvieran texto completo, los que solo hablaran de los factores predisponentes de lesión y sus diferencias con los hombres, los factores de riesgo y hormonales, estudios que incluyesen también a hombres, los que hablaran de otras lesiones o que simplemente hablaran del tema pero no eran estudios. Por lo tanto, se obtuvieron 12 artículos para realizar el estudio y elaborar la revisión sistemática.

((("Inj Prev"[Journal] OR ("injury"[All Fields] AND "prevention"[All Fields]) OR "injury prevention"[All Fields]) AND ("anterior cruciate ligament"[MeSH Terms] OR ("anterior"[All Fields] AND "cruciate"[All Fields] AND "ligament"[All Fields]) OR "anterior cruciate ligament"[All Fields]) AND ("female"[MeSH Terms] OR "female"[All Fields])) AND ("1999/01/01"[PDAT]: "2014/12/31"[PDAT]) AND "humans"[MeSH Terms] AND (English[lang] OR Spanish[lang]))

A continuación se muestra el diagrama de flujo en el que se observa cómo se ha realizado la extracción y manejo de los estudios:

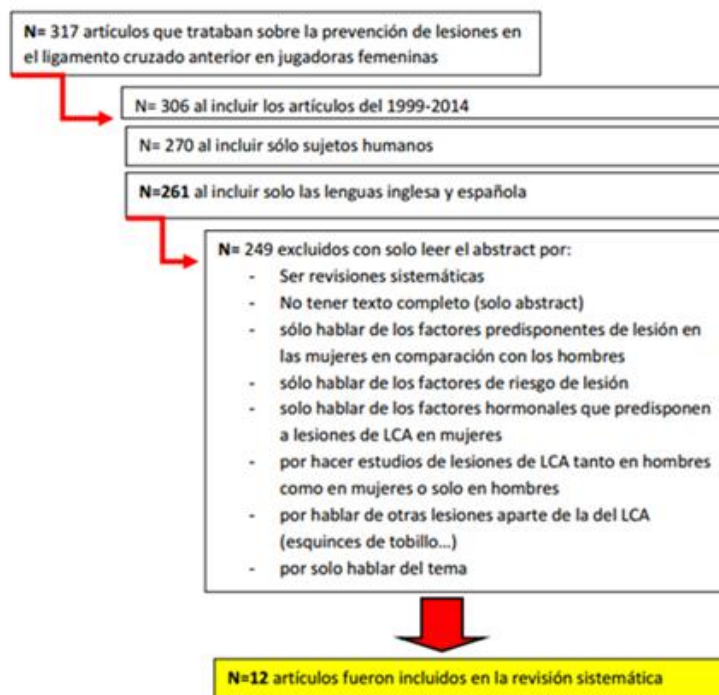


FIG 1: Diagrama de flujo de Pubmed

B) ISI Web Of Knowledge:

Sólo 580 artículos incluían todas las palabras claves. Pero se realizó nuevamente un cribado de artículos hasta obtener los que realmente se ajustaban al objetivo de la revisión sistemática. Para ello se limitó la búsqueda a las lenguas española e inglesa, año 1999-2014 y se excluyeron las revisiones sistemáticas, ya que el propósito de este estudio era elaborar una. Tras ésto quedaron 495 artículos.

Entonces se comenzó a leer el título y el abstract de los artículos que podían ser interesantes, descartándolos si sólo hablaban de los factores predisponentes de lesión en las mujeres en comparación con los hombres, factores de riesgo de lesión, factores hormonales que predisponen a lesiones de LCA en mujeres. También si eran estudios de lesiones de LCA tanto en hombres como en mujeres o solo en hombres, otras lesiones aparte de la del LCA (esquinces de tobillo...) o simplemente hablaban del tema. Tras lo cual se obtuvieron 12 artículos, los cuales eran los mismos que se habían encontrado en la base de datos de Pubmed.

A continuación se muestra el diagrama de flujo en el que se observa cómo se ha realizado la extracción y manejo de los estudios:

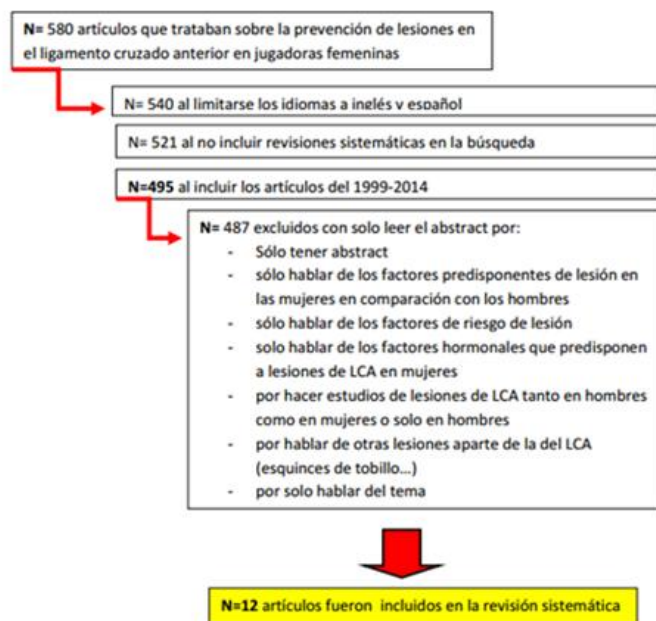


FIG 2: Diagrama de flujo ISI Web Of Knowledge

En el resto de bases de datos mencionadas al comienzo de la metodología también se llevó a cabo una búsqueda similar, pero los artículos que se encontraron no fueron considerados relevantes para incluirlos en esta revisión sistemática, pues “se escapaban” del objeto de estudio y de los criterios de inclusión; y los que se ajustaban a éstos eran iguales que los que había encontrado en la bases de datos de Pubmed e ISI Web Of Knowledge.

Uno de los artículos que se consideró certero incluir en esta revisión sistemática pertenece a la revista electrónica Human Biology Review.

Tras todo este procedimiento se utilizaron 13 artículos para llevar a cabo la revisión sistemática (12 procedentes de Pubmed e ISI Web Of Knowledge y 1 procedente de la revista antes mencionada).

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y DE EXCLUSIÓN:

Criterios de inclusión:

- Estudios intervencionales (ECA) sobre la reducción de la incidencia de LCA en las mujeres deportistas (no revisiones sistemáticas).
- Lesiones del ligamento cruzado anterior producidas por contacto y por no-contacto.
- Deportistas con lesiones de rodillas previas.
- Mujeres deportistas jóvenes.
- Jugar en el equipo al menos 1 año antes de realizar el estudio.
- Permanecer toda la temporada en el equipo.
- Entrenar mínimo 2 veces/semana.
- Estudios publicados en lengua inglesa o española entre 1999-2014.
- Estudios realizados en humanos.

Criterios de exclusión:

- No se incluyeron los artículos en los que sólo figuraba el abstract.
- Si sólo hablan del tema (necesario que hayan llevado a cabo algún estudio o intervención).
- Lesiones de otras articulaciones y estructuras diferentes de la rodilla.
- Estudios mixtos o de sólo hombres.
- No se contó con las jugadoras que no iban a permanecer toda la temporada ni aquellas que no tuvieran al menos un año de experiencia en dicha práctica deportiva.

CALIDAD METODOLÓGICA:

Para evaluar la calidad metodológica de estos ECAS que forman parte de la revisión bibliográfica se ha considerado apropiado utilizar la escala PEDro, la cual está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht. Tiene una gran validez metodológica y es una de las más usadas para valorar la evidencia de los diferentes artículos. En su mayor parte la lista está basada en el consenso de expertos y no en datos empíricos.

Se cierce en un protocolo de evaluación formado por 11 ítems (marcando “sí o no” según la presencia o ausencia del criterio especificado respectivamente).

Escala PEDro-Español

1. Los criterios de elección fueron especificados	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
3. La asignación fue oculta	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar”	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> sí <input type="checkbox"/> donde:

Figura 3: criterios de la escala PEDro para valorar los estudios

Tras pasar la escala a los 13 artículos que se decidieron incluir en la revisión sistemática, 6 aportaban un nivel de evidencia intermedio, ya que cumplían con 7 de los 11 ítems expuestos en dicha escala. Sólo 3 presentaba un nivel un poco superior (8 ítems) y 4 presentaba un nivel de evidencia medio-bajo (6 ítems). Por lo tanto, el nivel de evidencia de la revisión es medio.

Prácticamente todos los estudios tienen los mismos ítems ya que la metodología solía ser la misma en todos los estudios, variando solo el programa de prevención a aplicar y si era aleatorio o no la elección de los sujetos.

ESTUDIO Y AÑO	CRITERIOS DE CALIDAD METODOLÓGICA											Puntos
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
(10) Myklebust G et al	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	7
(11) Pfeiffer RP et al	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	7
(12) Mandelbaum BR et al	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	7
(13) Gilchrist J et al	+	+	-	+	+	-	-	-	-	+	+	6
(14) Holm I et al	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	7
(15) Soligard T et al	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	8
(16) Noyes FR et al	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
(17) Pfile KR et al	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	7
(18) Hewett TE et al	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	7
(19) Vescovi JD et al	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
(20) Myer GD et al	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6
(21) Sharma A et al	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	8
(22) Hagglund M et al	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	8
Puntuación media de los estudios												6,92

+ sí; - no. Criterios de calidad metodológica: 1. Se especifican los criterios de selección. 2. Los sujetos se asignaron a grupos de forma aleatoria. 3. La asignación se realizó de forma oculta. 4. Al inicio los grupos fueron similares en los indicadores de pronóstico más importante. 5. Se realizó enmascaramiento de todos los terapeutas. 7. Hubo enmascaramiento de los evaluadores por lo menos en un resultado clave. 8. Al menos en uno de los resultados clave participaron el 85% de la muestra inicial. 9. Se obtuvieron medidas de resultado de todos los sujetos (experimental y control), o bien un resultado clave fue analizado por intención de tratar. 10. Se realizaron comparaciones entre los grupos en al menos un resultado clave. 11. El estudio proporciona al menos un resultado clave.

Tabla 3: evaluación metodológica basada en la escala PEDro

Con los datos obtenidos en la escala de calidad metodológica PEDro se puede observar muy llamativamente cómo los criterios 3, 6 y 7 no están presentes en ninguno de los estudios incluidos en la revisión sistemática, correspondientes a:

- Criterio 3→ la asignación fue oculta (la persona que determina si un sujeto es susceptible de ser incluido en un estudio desconocía a qué grupo iba a ser asignado cuando se tomó esa decisión).
- Criterio 6→ todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados (aquí los entrenadores conocían la existencia del estudio).
- Criterio 7→ todos los evaluadores que administraron la terapia fueron cegados.

Todo ésto resta fiabilidad a los resultados, pues pueden verse influidos por la motivación del entrenador o jugadoras. Además, al suplir este enmascaramiento del estudio se pueden alterar los resultados, ya que “los sujetos se comportan como se espera de ellos que se comporten”.

Por el contrario, se puede ver como los ítems 1, 4, 10 y 11 fueron cumplidos por todos los artículos, correspondientes a:

- Criterio 1→ los criterios de elección fueron especificados (se describe la fuente de obtención de datos y un listado de los criterios que tienen que cumplir para que puedan ser incluidos en el estudio).
- Criterio 4→ los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes.

- Criterio 10→ los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave (comparación entre tratamientos o entre tratamiento y control).
- Criterio 11→ el resultado proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave (medida del tamaño del efecto del tratamiento).

La media obtenida al pasar la escala PEDRO de todos los artículos es de 6,92, por lo cual los estudios tienen un nivel de evidencia intermedia (oscilaría entre 1b y 2b). Es una lástima que los estudios de esta revisión no puedan tener un mayor nivel de evidencia, pero resulta muy complicado cambiar un calentamiento normal por uno preventivo sin que los entrenadores lo sepan o sospechen, además de la gran aportación que hacen al estudio, ya que son ellos los que controlan el número de lesiones, tipo de lesión, ausencias...

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS:

1. Método de elección:

Un tiempo antes de empezar la temporada deportiva se llama y se escribe a las diferentes federaciones de élite o divisiones superiores compuestas solo por mujeres (según la zona donde se realice el estudio). Sólo equipos en los que se entrenen mínimo 2 veces por semana (porque si no sería imposible la aplicación de al menos 12 sesiones del programa de prevención). Los sujetos escogidos son jóvenes y del género femenino, en esta revisión sus edades oscilaban entre 12-26 años, pues los jóvenes aún no han definido su patrón de movimiento; las cuales debían haber jugado previamente un año en dicha modalidad deportiva y tenían que permanecer durante toda la temporada en dicho equipo.

2. Desarrollo del estudio:

Tras realizar la búsqueda se propone a las federaciones y a los entrenadores participar en el estudio, argumentando que el programa no iba a ocasionar ningún perjuicio o que los riesgos iban a ser mínimos para sus jugadoras y que de hecho podría ser que se produjese una reducción del número de lesiones del ligamento cruzado anterior, lo que conllevaría a un menor número de ausencias deportivas y a un gran beneficio económico. Se les da carteles informativos, se les manda un vídeo mostrándoles en qué consiste el programa de prevención (que sólo supondría un cambio en el calentamiento) y animándoles a participar en el estudio.

A las federaciones con sus respectivos equipos y entrenadores que aceptaron participar en el estudio se les dio unas pautas y un vídeo con los ejercicios que deben incluir en el calentamiento (sustituyendo así al calentamiento que hasta entonces realizaban). Las jugadoras fueron divididas en grupo control y en grupo intervención (cada equipo entero pertenecía a uno de los 2 grupos, para que así las jugadoras no se dieran cuenta de la existencia del estudio, pudiendo mantenerse el enmascaramiento).

El entrenador sustituyó el calentamiento a las pertenecientes al grupo intervención, adaptándolo a un trabajo neuromuscular y propioceptivo.

Cada semana el entrenador debía enviar un informe a los investigadores, en el cuál figuraba si habían asistido, el número de exposiciones/semana, si habían tenido algún

tipo de dolor en la rodilla, si habían acudido al médico, si se había producido alguna fractura...

Para cerciorarse de que todo marchase como éstos indicaban y que todos los ejercicios se hiciesen correctamente, cada 3-4 meses en algunos casos o 2 veces/temporada acudía un evaluador para observar el calentamiento.

Los investigadores, por su parte, debían recoger y agrupar todos los datos (número de exposiciones, número de lesiones, tipo de lesión, causa de la misma...), para así ir estableciendo diferencias entre el grupo control y el de intervención.

Cabe destacar que no hubo muchos abandonos en los estudios y que acudieron al menos a 12 sesiones del programa de prevención.

Al finalizar el estudio se dio a todos los participantes (también a los del grupo control) un vídeo donde figuraban todos los ejercicios del programa de prevención.

Todos los estudios han podido llevarse a cabo gracias a la aprobación de comités éticos y de la firma del consentimiento informado por parte de la federación y en otros estudios fue consentido por las jugadoras (imposible el ciego de estas participantes).

3. Programa de prevención:

Los ejercicios a realizar en él dependían del tipo de programa del cuál querían evaluar su efectividad (ejemplo: PEP, "11", Sportmetrics o KLIP), aunque compartían muchas características comunes. A pesar de todo ello, lo más importante es realizar un entrenamiento personalizado a cada jugadora, adaptado a sus características y deficiencias, para lo cual previamente se debería realizar un screening (ver sus movimientos...). Ver anexo I de los programas de prevención.

La duración depende del tipo de programa de prevención, oscilando entre 20-30 minutos (PEP) o 60-90 minutos durante un periodo de 1 temporada (algunos más tiempo) y los ejercicios que engloban son neuromusculares y de propiocepción. Incluyen en general:

- Calentamiento general (para aumentar la temperatura de los tejidos)
- Estiramientos
- Ejercicios de fuerza (pliométricos y excéntricos)
- Ejercicios de agilidad
- Ejercicios de propiocepción
- Ejercicios de estabilidad central (CORE)
- Análisis biomecánico de la rodilla (concienciación de la posición de la rodilla)

Los ejercicios englobados en este programa de prevención se realizaban durante la pretemporada, la cual dura de 4 a 6 semanas (preferiblemente 6 semanas, aunque en muchas ocasiones es muy difícil que abarquen tantas semanas por la numerosidad y proximidad de partidos y la presión mediática). Se realizaban generalmente 3 sesiones durante cada semana de la pretemporada, por lo tanto eran necesarias 15 sesiones para que pudieran ser evaluados y efectivos estos programas de prevención. Además de esto, es muy importante recordar que no sólo se deben realizar durante la pretemporada sino que se deben incluir también durante la temporada 1 vez a la semana y acabar con el falso mito de que los ejercicios y habilidades conseguidas durante la pretemporada duran toda la temporada, pues por esta idea se han producido un gran número de lesiones de LCA.

Generalmente los estudios comenzaban al principio de la temporada, hasta el final de la misma.

4. Materiales:

Con este estudio no se han producido apenas gastos adicionales en cuanto a su aplicación, pues se requieren prácticamente los mismos materiales que con los que cuentan los equipos para su calentamiento normal. Materiales: bosu, disco de propiocepción, bancos, conos, theraband, balones, vallas, en algunos estudios también se utilizó una plataforma de fuerza... Realmente lo que varió del calentamiento con respecto al que realizaban previamente fue que aquí se incluyeron los ejercicios que el autor consideraba necesarios (de acuerdo a sus conocimientos) para disminuir las lesiones y sobre todo se centraron en que las jugadoras tuvieran una concienciación de la posición de sus rodillas, especialmente en el aterrizaje tras un salto.

En algunos casos se ha invertido más económicamente, pues contrataron a un fisioterapeuta en cada equipo para ayudar al entrenador a recoger los resultados. Además, los investigadores hacían visitas para corroborar que todo marchara como debiera y aumentar la fiabilidad del estudio (controlando la motivación de los entrenadores en los resultados, para que así no se produjera un sesgo de la información)

Por lo tanto, apenas se han requerido grandes aportaciones económicas, sólo videos, fisioterapeutas (algunos equipos), médicos y evaluadores.

Lo que más exigía era la gran y continua colaboración del entrenador, ya que todas las semanas debían mandar el informe refiriendo el número de lesiones que se produjesen, las causas de la misma, el mecanismo por el que se habían producido....

Por lo cual, tras observar que los gastos para realizar los estudios han sido mínimos, podemos afirmar que el balance económico de los estudios era positivo.

A continuación expongo las tablas resumen elaboradas a partir de los artículos incluidos en la revisión sistemática:

ARTICULOS INCLUIDOS EN LA REVISIÓN SISTEMÁTICA

ARTICULO	MUESTRA	EDAD	FACTORES DE INCLUSION	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
(12)	1º año: 2946 mujeres -intervención: 1041 (52 eq) -control: 1905 (95 equipos) 2º año: 2557 mujeres -intervención: 844 (45 eq) -control: 1913 (112 eq)	14-18 años	-edad 14-18 años - mujeres deportistas -pertenecer a la liga de fútbol de la costa de California del Sur -lesión de LCA por no-contacto <u>LIMITACIONES:</u> -estudio no aleatorio y motivación de los entrenadores -no indica el nº de sesiones/semana y la duración del programa en cada sesión	Solicitud mediante correo electrónico. A los que aceptaron se les dio un video sobre el programa PEP sumado a trabajo propioceptivo. Fue supervisado semanalmente por los entrenadores (ausencias, lesiones...) de todos los equipos. Se evaluó cada año independientemente Ciego: sólo por los participantes Aprobado por el comité ético del Hospital de St John's en Santa Mónica en California	1º año: lesión/exposición -intervención: 1,9/1000 jugadoras -control: 16,8/1000 jugadoras = disminución 88% de las lesiones LCA 2º año: -intervención: 4,74/1000 jugadoras -control: 18,3/1000 jugadoras = disminución 74% de lesiones de LCA Eficaz el sistema PEP para la prevención de lesiones de LCA en deportistas femeninas
(10)	1º estación (control)→ 942 mujeres (60 equipos) 2º estación (intervención)→ 855 mujeres (58 equipos) 3º estación (intervención)→ 850 mujeres (52 equipos)	22±4 años	-edad 18-26 años - mujer deportista - pertenecer a las 3 divisiones superiores de la federación de balonmano femenino de Noruega central o del sur <u>LIMITACIONES:</u> -estudio no aleatorio -no tienen en cuenta los factores extrínsecos que afectan a las deportistas	Solicitud por teléfono y se les pasó un video a los que aceptaron. Se basó en un programa que incluía ejercicios de fuerza, agilidad, equilibrio, propiocepción y concienciación biomecánica de la rodilla. 3 veces/sem durante 5-7 semanas (más de 15 sesiones) y durante 15 min. Supervisado por los entrenadores y un fisioterapeuta (nº lesiones, asistencia...) Ciego: solo por los participantes Aprobado por el cuerpo de inspectores y comité de ética regional para la investigación médica	1º estación: 29 lesiones LCA→ 13 en élite 0,14/1000 h de juego 2º estación: 23 lesiones LCA→ 6 en élite 0,13/1000 h de juego 3º estación: 17 lesiones LCA→ 5 en élite 0,09/1000 h de juego Disminución del número de lesiones gracias al programa de prevención Cabe destacar en la producción de lesiones: -84% jugadoras atacantes -74% jugadoras llevaban el balón -la mayoría por no-contacto

TABLA 4: resumen de dos de los estudios incluidos en la revisión sistemática

ARTÍCULO	MUESTRA	EDAD	FACTORES DE INCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
(13)	<p>1º año (2000): 2917 mujeres -intervención: 1012 (52 eq) -control: 1905 (95 equipos)</p> <p>2º año (2001): 2757 mujeres -intervención: 844 (45 eq) -control: 1913 (112 equipos)</p>	14-18 años	<p>-edad 14-18 años -mujeres deportistas -pertenecer a la asociación de colegios atléticos de futbolistas femeninas de 1ª división -lesiones de LCA por no-contacto</p> <p><u>LIMITACIONES:</u> -incapaces de controlar los ejercicios usados en el grupo control -bastantes abandonos -no se sabe si se puede generalizar</p>	<p>Se les informó acerca del programa y los que aceptaron fueron elegidos al azar por el comité institucional (doblo ciego) Se pasó un cuestionario previo y se les mandó un vídeo del programa PEP. 3 veces/sem, 30 min y 12-37 sesiones durante 2 años consecutivos Supervisado por los entrenadores semanalmente (cuestionario de ausencia, lesiones...) 2 investigadores supervisaron que todo se cumpliera (1 visita/estación) Aprobado por el comité institucional y centros para el control y prevención de enfermedades.</p>	<p>En las primeras 6 semanas resultados similares en ambos grupos. A partir de la 6ª semana se apreciaron diferencias significativas. Solo 1435 mujeres completaron el estudio (61 equipos): -intervención: 583 (26 eq): 7 lesiones LCA y 2 fueron por no-contacto -control: 852 (35 eq): 18 lesiones LCA y 10 por no contacto</p> <p>Disminución gracias al programa de un 41% en las lesiones de LCA y de un 70% en las producidas por no-contacto</p>
(14)	<p>35 jugadoras de balonmano (2 equipos de élite) participaron: -1ª estación (1998-1999) control -2ª y 3ª estación (1999-2001) intervención</p>	23±2,5 años	<p>-edad 20-26 años -mujeres deportistas -pertenecer a la federación Noruega de balonmano -llevar jugando desde los 14,9 años y 5 años en el de alto rendimiento. -entrenar mínimo 10-11 horas</p> <p><u>LIMITACIONES:</u> -el equilibrio dinámico no muestra efectos en la fuerza del músculo ni en la propiocepción -no expresa el número de lesiones en la tercera estación</p>	<p>Basado en el estudio anterior (10) Los que aceptaron se les pasó un vídeo instruccional del programa (ejercicios de equilibrio, fuerza, concienciación del análisis biomecánico de la rodilla...) 3 veces/sem, 5-7 semanas mínimo 15 min durante 3 años Se les hizo pruebas antes y después de comenzar la estación de intervención. Cada semana mandaban la información pertinente los entrenadores y los fisios. Ciego por parte de los participantes Aprobado por el comité de ética regional para la investigación médica y el cuerpo de inspectores</p>	<p>Sólo 29 jugadoras completaron todo el estudio (3 años). -1 estación control: 13 lesiones LCA -2ª estación (interv): 6 lesiones LCA -3ª estación: no indicado Se aprecian diferencias y gran efectividad en el calentamiento dinámico, y no en el estático → mucho mejor el calentamiento dinámico que el estático</p>

TABLA 5: resumen de dos de los estudios incluidos en la revisión sistemática

ARTICULO	MUESTRA	EDAD	FACTORES DE INCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
(11)	<p>1439 mujeres procedentes de 15 institutos (112 equipos)</p> <p>-intervención: 577 (43 eq) -control: 862 (79 equipos)</p>	14-18 años	<p>-edad 14-18 años -mujeres deportistas -pertenecientes a las universidades o institutos de fútbol, vóley y baloncesto del "Treasure Valley" en el suroeste de Idaho -lesiones LCA por no-contacto</p> <p><u>LIMITACIONES:</u> -muy pocas lesiones -no aleatorio y sólo 2 veces/semana -el programa solo incluye fuerza, salto, pliométricos y algo de educación y agilidad.</p>	<p>Se les informó y a los que aceptaron se les mandó un vídeo informativo y folletos a realizar. Aquí se basó en el programa KLIP: 2 veces/sem, 20 min, de 18-23 sesiones durante 2 temporadas. Datos recogidos semanalmente por entrenadores y personal técnico (ausencias, nº de lesiones...) y enviados por correo o notificados por teléfono Ciego por parte de las participantes</p> <p>Aprobado por el comité institucional de la universidad del estado de Boise y de las administrativas de los colegios</p>	<p>Tras las 2 temporadas:</p> <p>-intervención: 3 lesiones por no contacto 0,167/1000 h de juego</p> <p>-control: 3 lesiones por no contacto 0,078/1000 h de juego</p> <p>No hay diferencias significativas entre usar un programa de prevención KLIP y el calentamiento normal</p>
(15)	<p>2540 mujeres (125 equipos aceptaron participar)</p> <p>-intervención: 1320 (65eq) -control: 1220 (60 eq)</p>	13-17 años	<p>-edad 13-17 años -mujeres deportistas -pertenecer a la asociación Noruega de fútbol -entrenar 2 veces/semana</p> <p><u>LIMITACIONES:</u> -motivación o no del entrenador -más largo y al final abandonaron algunos equipos</p>	<p>A los entrenadores de los 65 equipos de intervención participes, se les pasó un vídeo y se les dio pautas además de 3 horas de educación antes de iniciar el programa (THE 11+). 2 veces/sem, 20 min desde marzo hasta octubre 2007 Cada semana mandaban correos y anotaban las ausencias...los entrenadores ayudados por un fisio y un estudiante de medicina. Ciego por parte de los participantes</p> <p>Aprobado por la evaluación médica de la FIFA y el centro de investigación deportiva de Oslo</p>	<p>Sólo 52 equipos de intervención concluyeron todo el estudio (77%). La asistencia y motivación empezaron a disminuir en la segunda parte del estudio</p> <p>Se apreció una disminución del 45% de lesiones de LCA con respecto al grupo control. También las actitudes positivas y motivación de los entrenadores se correlacionaban con un alto nivel de cumplimiento del programa y menores lesiones.</p>

TABLA 6: resumen de dos de los estudios incluidos en la revisión sistemática

ARTICULO	MUESTRA	EDAD	FACTORES DE INCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
(16)	57 mujeres, todas ellas pertenecieron al grupo de intervención NO GRUPO CONTROL	14-17 años	-edad 14-17 años -mujeres deportistas -ser jugadoras de baloncesto de los institutos de Notre Dame -tener 1 estación de experiencia -no participación previa neuromuscular o de resistencia <u>LIMITACIONES:</u> -no ciego ni grupo control -no muestra las lesiones de LCA producidas	Se les puso un vídeo del programa SPORTMETRICS 3 veces/sem, 90-120 min durante 6 semanas. Todas las sesiones fueron supervisadas por un instructor. Se les hizo mediciones antes y después de acabar el programa del VO2 max, fitness test, salto de velocidad, y de salto vertical. NO CIEGO: voluntario consentimiento Aprobado por el comité examinador interno	Gracias al programa SPORTMETRICS: -aumento de la distancia de separación de la rodilla (menos valgo) -mejora el VO2 max 89% -mejora del salto vertical 70% -no cambios significativos en el sprint Gracias a este programa se disminuyen los factores de riesgo de lesión ocasionando una menor probabilidad de lesión de LCA. No especifica la disminución de lesiones de LCA
(17)	23 atletas femeninas -grupo control: 8 (fútbol y lacrosse) -grupo intervención con pliométricos: 9 (sólo lacrosse) -grupo intervención de estabilidad central (CORE): 8 (fútbol y lacrosse)	14,8±0,8 años	-edad 14-16 años -mujeres deportistas -ser jugadoras de fútbol o lacrosse de institutos próximos a la universidad de Virginia -no cirugías previas ni daños 6 semanas antes de empezar el estudio -no trastornos neurológicos de estabilidad... <u>LIMITACIONES:</u> -no incluyen incidencia de lesiones -poca formación, duración y no aleatorio -pliométrico solo de lacrosse	A los que aceptaron se les hizo mediciones antropométricas y evaluaciones de los MMII. El entrenador personal cada semana enviaba los informes. Control → solo corrección de los ejercicios Pliométricos → centrado en los aterrizajes suaves, equilibrados y controlados CORE → coordinación estabilizadora de lumbares, abdominales, abductores, rotadores externos de cadera. En cadena abierta 9-12 sesiones de 15-90 min, 4 sem Aprobado por la junta de revisión institucional de la salud para la investigación de la universidad de Virginia	Control → un poco mejor la rot.externa Pliométricos → menor ángulo de flexión de rodilla y menor rotación interna de la misma. Solo efectos cinemáticos y cinéticos en la rodilla CORE → menor ángulo de flexión de rodilla, la rotación interna aumentó, pero disminuyó la rot interna de cadera. Mejora de la coordinación y efectos en rodilla y cadera. Muy beneficioso combinar ejercicios pliométricos con CORE para una disminución de los factores intrínsecos del LCA y por lo tanto disminuir sus lesiones

TABLA 7: resumen de dos de los estudios incluidos en la revisión sistemática

ARTICULO	MUESTRA	EDAD	FACTORES DE INCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
(18)	<p>1263 mujeres y hombres (43 equipos)</p> <p>-control mujeres: 463 (15 eq)</p> <p>-intervención mujeres: 366 (15 eq)</p> <p>-control hombres: 434 (13 eq)</p> <p>Únicamente hace intervención en mujeres. Sólo utiliza hombres para comparar.</p>	14-18 años	<p>-edad de 14-18 años</p> <p>-mujeres deportistas (comparados con hombres)</p> <p>-pertenecer a institutos del área de Cincinnati que jueguen a fútbol, vóley y/o baloncesto.</p> <p><u>LIMITACIONES:</u></p> <p>-no aleatorio</p> <p>-no mismo nº de jugadoras de cada deporte en los grupos</p> <p>-bajo nº de lesiones</p>	<p>A los que aceptaron se les mandó un video instruccional y un manual.</p> <p>El programa se componía de ejercicios pliométricos y de flexibilidad.</p> <p>3 veces/sem, 60-90 min, 6 semanas</p> <p>Se compone de 3 fases: 1ª técnica, 2ª de fundamentos y la 3ª de rendimiento</p> <p>Mandaban semanalmente la información el entrenador, un entrenador profesional y un fisio.</p> <p>Aprobado por la fundación Bethesda y la fundación para la investigación y educación en la medicina del deporte de Cincinnati</p>	<p>14 lesiones de LCA:</p> <p>-control: 10 lesiones (8 sin contacto) 0,43/1000 h de juego</p> <p>-intervención: 2 lesiones (0 sin contacto) 0,12/1000 h de juego</p> <p>2 fueron producidas en hombres</p> <p>Gran disminución del número de lesiones, especialmente por no-contacto (no entrenadas 3,6 veces más riesgo)</p> <p>Las lesiones graves se produjeron en fútbol y en baloncesto, pero no en vóley.</p> <p>Con el control del aterrizaje se previenen los factores intrínsecos de riesgo de lesión de LCA</p>
(19)	<p>58 mujeres (4 equipos) voluntarias.</p> <p>-intervención: 31 mujeres (2 eq)</p> <p>-control: 27 mujeres (2 equipos)</p>	13-18 años	<p>-edad entre 13-18 años</p> <p>-mujeres deportistas de fútbol</p> <p>-no entrenamiento neuromuscular previo</p> <p>-vinculada con el fútbol desde hace 6 años</p> <p>-no lesiones previas</p> <p><u>LIMITACIONES:</u></p> <p>-estudio no aleatorio</p> <p>-falta de especificidad de los ejercicios llevados a cabo</p> <p>-no especifica cuantos días a la semana ni tiempo ni lesiones.</p>	<p>Se propuso el estudio mediante la publicidad de la comunidad local de fútbol. Las participantes voluntarias fueron asignadas aleatoriamente. El programa de prevención utilizado fue el PEP durante 12 semanas.</p> <p>Evaluated al inicio, a las 6 y a las 12 semanas (sprint, agilidad...) por los mismos investigadores que marcaban las ausencias, lesiones... semanalmente.</p> <p>Aprobado por la universidad de Connecticut de revisión institucional para el uso de sujetos humanos</p>	<p>Mejora de los tiempos de sprint pero sólo en las primeras 6 semanas, luego vuelve a niveles basales → beneficios a corto plazo</p> <p>Se mantienen la fuerza de salto con respecto al grupo control</p>

TABLA 8: resumen de dos de los estudios incluidos en la revisión sistemática

ARTICULO	MUESTRA	EDAD	FACTORES DE INCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
(20)	19 mujeres: -intervención pliométricos: 8 mujeres -intervención CORE (estabilidad): 11 mujeres NO GRUPO CONTROL	15,9±0,8 años	-edad entre 15-17 años -mujeres deportistas -pertenecer a los institutos del área de Cincinnati -no programas neuromusculares previos <u>LIMITACIONES:</u> -no aleatorio y no grupo control -muestra muy pequeña -no indica nº de lesiones de LCA	A las que aceptaron se les informó del objeto de estudio y se las dividió en dos grupos: - pliométricos : ejercicios de máxima fuerza y potencia en salto y educación del aterrizaje - CORE : ejercicios de estabilidad dinámica y equilibrio Supervisadas por entrenadores profesionales. 3 veces/sem, 7 sem (12-18 sesiones), 90 min. Re-testadas antes y después del respectivo programa Aprobado por el hospital de medicina de niños de Cincinnati	En ambos grupos se incidió en la biomecánica del salto (flexión de rodilla, mejora de la fuerza de la musculatura...) disminuyendo el valgo. Si sólo se quiere aterrizar con 1 extremidad los efectos son mayores con el trabajo CORE Se corrigieron los factores intrínsecos de lesión del LCA Lo ideal es la combinación de estos 2 tipos de ejercicios en el programa de prevención
(21)	43 mujeres: -intervención: 23 mujeres -control: 20 mujeres	16-18 años	-edad entre 16 y 18 años -mujeres deportistas -pertenecer a institutos de la India y jugar a baloncesto <u>LIMITACIONES:</u> -muestra pequeña	Se mandó información a los institutos de la India sobre el programa y a los que accedieron participar se les puso (al grupo intervención) un vídeo sobre el programa. Antes de comenzar se les realizó pruebas de estabilidad dinámica y estática a todos y después del estudio. Programa basado en ejercicios de estabilidad dinámica y estática conjuntos (equilibrio...) durante 3 veces/sem, 60-90 min, 6 semanas. La información era recogida por el entrenador y por un asistente. Aprobado por el comité de ética local	Con este programa se concienció de la biomecánica de la rodilla, mejorando su equilibrio en estabilidad dinámica, fuerza de la musculatura y propiocepción. -disminución del 50% en los momentos varo-valgo al realizar saltos -disminución de un 80% del peso corporal en el aterrizaje del salto Se disminuyen los factores intrínsecos que causan lesiones de LCA, especialmente las graves.

TABLA 9: resumen de dos de los estudios incluidos en la revisión sistemática

ARTICULO	MUESTRA	EDAD	FACTORES DE INCLUSIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
(22)	<p>4556 mujeres</p> <p>-control: 2085 (157 equipos)</p> <p>-intervención: 2471 (184 equipos).</p> <p>Se dividieron en 3 grupos los de intervención:</p> <p>-<u>Alto cumplimiento</u>: 831</p> <p>-<u>medio cumplimiento</u>: 823</p> <p>-<u>bajo cumplimiento</u>: 817</p>	12-17 años	<p>-edad entre 12-17 años</p> <p>-mujeres deportistas</p> <p>-pertenecer a distritos suecos</p> <p>-más de 2 entrenamientos/semana</p> <p><u>LIMITACIONES:</u></p> <p>-más ausencias en las 2ª parte de la temporada</p> <p>-los de elevado cumplimiento eran los que tenían mayor nº de sesiones de entrenamiento por semana</p> <p>-pocas lesiones de LCA con respecto a la gran muestra</p> <p>-no se fijaron si en el entrenamiento del grupo control incluían algún ejercicio neuromuscular o perteneciente al del grupo intervención.</p>	<p>Estudio aleatorio en 8 distritos suecos, a los cuales se les pasó un video y folletos sobre el programa de prevención neuromuscular.</p> <p>Se les dividió dentro del grupo de intervención en 3 grupos según sus sesiones de entrenamiento y su posible asistencia.</p> <p>2 sesiones/sem, desde 1 de abril-31 de octubre (temporada)</p> <p>Información recogida semanalmente por sus respectivos entrenadores, 68 fisios y 8 médicos. Además los investigadores hicieron 2 visitas sorpresas por temporada</p> <p>Aprobado por el comité de ética regional de Linköping</p>	<p>Lesiones LCA (asistencia 71%):</p> <p>-Intervención: 7 mujeres</p> <p>-control: 14 mujeres</p> <p>Gran disminución de lesiones de LCA gracias al programa de prevención (64% en general)</p> <p>También se aprecia una disminución del 88% de lesiones de LCA si se tiene un alto nivel de cumplimiento con respecto al de bajo nivel de cumplimiento</p>

TABLA 10: resumen del último estudio incluido en la revisión sistemática

RESULTADOS:

Los estudios fueron llevados a cabo en Noruega, Cincinnati, California del Sur, Idaho, Suecia y Notre Dame. Se centraron en mujeres jóvenes (aproximadamente entre 12-26 años), la mayoría acudían al instituto y pertenecían a la élite o 2ª división (ya que eran los únicos equipos en los que se realizaban 3 entrenamientos a la semana). Los deportes que han sido practicados en dichos estudios son fútbol, baloncesto, balonmano, vóley y lacrosse. El periodo de intervención solía durar lo mismo que la temporada, aunque en algunos de ellos su duración era mayor (dos años...). El programa de prevención se desarrolla en la pretemporada, pero haciendo “recuerdos” durante la temporada (1 vez/semana).

Merced a los estudios con los que he elaborado esta revisión sistemática, se puede observar que son muy efectivos los programas de prevención de lesiones de ligamento cruzado anterior en deportistas femeninas si acuden al menos a 12-15 sesiones y tienen gran predisposición a realizar los ejercicios propuestos.

En el artículo de **Maldelbaum Br et al** (12) se aprecia durante el primer año del estudio una disminución del 83% de lesiones de LCA realizando el programa de prevención PEP respecto al grupo control (16,8 lesiones/1000 jugadoras se produjeron en el grupo control y tan sólo 1,9 lesiones/1000 jugadoras en el grupo de intervención). En el segundo año del estudio también se apreció una disminución de lesiones, pero en este caso de un 74% (de 18,3 lesiones/1000 jugadoras del grupo control se ve 4,74 lesiones/1000 jugadoras en el grupo intervención).

En el artículo de **Myklebust G et al** (10) se observa una reducción en el número de lesiones de LCA (29 lesiones producidas en el grupo control en contraste con las 23 producidas en la segunda estación (correspondiente a la primera estación de intervención) y de 17 en la tercera estación (segunda estación del grupo intervención). Cuanto mayor es el aprendizaje de estos ejercicios de prevención, mayor es su eficacia. También cabe destacar que la reducción era muy significativa especialmente en las jugadoras pertenecientes a equipos de élite (13 jugadoras lesionadas pertenecientes al grupo control en comparación con 6 de la segunda estación y 5 de la tercera estación), ya que debido a la gran importancia que le dan a sus deportes (su profesión) están más implicadas en realizar correctamente las pautas que se les dan. Creo conveniente puntualizar que el 84% de las lesiones se produjeron en jugadoras atacantes y que el 74% de las jugadoras lesionadas llevaban el balón.

En el de **Gilchrist J et al** (13) también se redujeron en un 41% las lesiones de LCA puntualizando que el 70% de las que se previnieron fueron por no-contacto (en las cuales inciden los programas de prevención mediante la disminución de los factores de riesgo intrínsecos...).

En el artículo de **Holm I et al** (14) se muestra una disminución de las lesiones respecto al grupo control aunque en la tercera estación no se indican el % de resultados. Lo que si se aprecia es que el calentamiento dinámico aporta más beneficios que un calentamiento estático. Sus resultados son difícilmente extrapolables.

Si observamos el estudio de **Pfeiffer RP et al** (11) se puede observar que no hay diferencias significativas entre usar un programa de prevención KLIP o un calentamiento normal. No aporta mucha fiabilidad ya que sólo se han producido 6 lesiones de LCA en

dos años (3 pertenecientes al grupo control y 3 al de intervención), por lo que con tan pocas lesiones apenas se pueden obtener resultados. Si bien es cierto que este programa no incluye todos los tipos de ejercicios que se consideran óptimos para la prevención de lesiones del cruzado anterior, por lo que se puede explicar que apenas haya diferencias respecto al calentamiento estándar.

En el artículo de **Soligard T et al** (15) también se vio una reducción del 45% de lesiones de LCA con respecto al grupo control usando el programa de prevención "11". Aunque se produjeron abandonos, más del 77% de las jugadoras integrantes concluyeron todo el estudio. También se cree que los resultados estuvieran influidos por la motivación del entrenador.

Si analizamos el estudio de **Noyes FR et al** (16), no se especifica el porcentaje de disminución de lesiones de LCA, pero se aprecia gracias al programa SPORTMETRICS un aumento en la distancia de separación de la rodilla (menos valgo), mejora del VO2 máximo y mejora del salto vertical en un 70%, los cuales hacen que disminuyan los factores de riesgo de lesión intrínsecos, causantes de la mayoría de las lesiones de LCA por no-contacto.

En el estudio de **Pfister KR et al** (17) se observa que disminuyen las lesiones gracias a la combinación de ejercicios pliométricos con ejercicios de estabilidad central (CORE) al igual que en el estudio de **Myer GD et al** (20). Aquí se puede observar como ambos por separado mejoran ciertas características biomecánicas... pero su combinación es la idónea para proteger a las estructuras y potenciar la musculatura isquiotibial, del cuádriceps...

Observando el artículo de **Hewett TE et al** (18) podemos ver como se han reducido las lesiones de LCA, especialmente las de no-contacto (3,5 veces más con respecto al grupo control). Se refiere que en el grupo control se produjeron 10 lesiones, lo que significa 0,43 lesiones/1000h de juego (siendo 8 sin contacto) en contraste al grupo de intervención, en el cual se produjeron 2 lesiones, siendo 0,12 lesiones/1000h de juego (0 sin contacto, las cuales se deben a factores intrínsecos). En el vóley no se apreciaron mejoras ni empeoramientos (mismos resultados los del grupo control que los del grupo intervención).

En el estudio de **Vescovi JD et al** (19) sólo se observan resultados a corto plazo. El problema de este estudio es que contaba con una muestra muy pequeña, aunque se observa como la fuerza de salto se mantiene después de 6 semanas con respecto al grupo control. Este estudio carece de validez externa.

En el artículo de **Sharma A et al** (21) se aprecia una mejora de la fuerza de la musculatura de la rodilla además del equilibrio y la propiocepción de la misma, disminuyendo la desviación varo-valgo en un 50% al realizar saltos. También se observa una reducción del 80% del peso corporal en el aterrizaje del salto, lo cual conlleva a una disminución de los factores intrínsecos de rodilla y por lo tanto de lesiones de LCA, principalmente los producidos por no-contacto.

Comentar que en el estudio de **Hagglund M et al** (22) se observa una disminución en general (se engloba tanto a las jugadoras que tuvieron un alto grado de asistencia, las de asistencia media y las de baja asistencia) del 64% de las lesiones de LCA con respecto al grupo control (de 14 lesiones ocasionadas en el grupo control, se obtuvieron 7 en el grupo intervención). Cabe destacar que se produjo una disminución del 88% de las

lesiones de ligamento cruzado anterior en las jugadoras con una alta adherencia a los entrenamientos con respecto a las de bajo nivel de cumplimiento (las cuales tuvieron una reducción por debajo del 64%).

En los artículos en los que se consideran efectivos los programas de prevención (en la mayoría), se ha visto que disminuyen la probabilidad de lesión si se realizan 3 veces/semana, en torno a 20-90 minutos (nunca exceder de los 90 min pues ocasionaríamos fatiga muscular, lo cual predispone a lesión) y durante al menos 6 semanas. Se realizan en la pretemporada con “recuerdos” durante la temporada.

Es relevante la predisposición de la jugadora a asistir, “a poner de su parte” y a comprometerse en cuanto a la realización del plan de prevención (no solo durante la pretemporada) pues se reducen sustancialmente el número de lesiones y su predisposición. Además, ésto es realmente beneficioso para su salud “con los programas de prevención ganan en salud”.

Es muy importante tener en cuenta qué tipos de ejercicios incluyen dichos programas, pues cuanto más completo sea menor probabilidad habrá de que se produzca una lesión. Debe incluir ejercicios de coordinación neuromuscular y propiocepción, haciendo un gran hincapié en el control del análisis biomecánico de la rodilla (su concienciación, especialmente en los ejercicios pliométricos).

Además, se observa que lo ideal es la combinación de ejercicios pliométricos y de estabilidad central (CORE) y no la aplicación de sólo uno de ellos como hasta hace pocos años se creía.

En gran medida, la reducción de lesiones de LCA se debe a que estos ejercicios propuestos en el plan de prevención influyen y corrigen los factores intrínsecos predisponentes de lesión, principalmente los neuromusculares a través de la adquisición de patrones motores menos exigentes para la integridad del LCA. El del ángulo Q no se puede corregir porque es un riesgo anatómico.

DISCUSIÓN

Tras realizar la búsqueda bibliográfica en las diferentes bases de datos se encontraron 897 artículos relacionados con la prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior, de los cuales sólo 13 cumplían con los criterios de inclusión previamente especificados para realizar la revisión sistemática (ver metodología)

En las dos últimas décadas el número de estudios sobre la prevención de lesiones de LCA en deportistas femeninas se ha visto incrementado considerablemente, debido a la creciente incorporación de la mujer en el deporte y el gran número de lesiones que sufren en relación a los deportistas varones.

La primera participación de la mujer en los juegos olímpicos data de 1900 y fue en unos pocos deportes (golf, tiro con arco y patinaje). De hecho la mayoría de los deportes están diseñados para hombres, teniendo en cuenta sus características, y muy pocos para mujeres (gimnasia rítmica, tiro con arco...), es por lo que se cree que se producen un mayor número de lesiones en mujeres con respecto a los del sexo masculino. Actualmente hay una mayor aceptación de la mujer en la práctica deportiva, gracias a su persistencia y terquedad se ha conseguido que puedan participar en todos los deportes al igual que los hombres, aunque se ve una segregación clara, ya que los hombres y las mujeres no compiten juntos en los deportes sino que lo hacen por separado (mujeres contra mujeres y hombres contra hombres), apelando a que si competirían juntos se producirían un mayor número de lesiones por la mejor predisposición física de los hombres (23). No obstante, esto es muy diferente en los diversos países, si se observa los lugares en los que se han realizado los estudios se puede ver que todos son países desarrollados (en cambio en los países subdesarrollados a muy pocas mujeres se les permite practicar deporte). La mayoría de los estudios han sido realizados en E.E.U.U y en Europa pero ninguno hace referencia a España, lo cual puede ser un indicio de la poca importancia que se le da al deporte femenino, además no es difícil darse cuenta de que siempre se han considerado a las mujeres en un segundo plano (23).

Cabe destacar que a las jugadoras a las cuales se les aplicó el plan de prevención eran jóvenes (entre 12-26 años), por lo que revisando los artículos se observa que se realizaban en ese rango de edad ya que al ser adolescentes y no llevar muchos años entrenando era más fácil el ciego y sobre todo porque en esas edades aún no se tienen patrones de movimiento definidos, por lo cual es más fácil modificarlos.

Una de las limitaciones que se derivan de la revisión de los artículos incluidos en el estudio es que en ninguno de ellos se pudo obtener un doble ciego, pues era necesaria la implicación de los entrenadores, cosa que también pudo influir en los resultados, por su motivación. Y en dos de los estudios fue imposible el ciego a ninguno de sus participantes, porque las jugadoras se ofrecieron voluntariamente a realizar el programa de prevención.

Además, en los estudios con los que se ha elaborado esta revisión sistemática sólo se han llevado a cabo planes de prevención en 5 deportes: fútbol, baloncesto, balonmano vóley y lacrosse. Podría ser posible modificar el plan de prevención en cuanto a su contenido específico y en cuanto a ciertos ejercicios dependiendo del deporte que realice la jugadora. Por lo tanto se podrían extrapolar los resultados a otros deportes adaptando el entrenamiento a los gestos, acciones... de dicho deporte en el que se vayan a llevar a cabo.

También cabe destacar que la mayoría de los artículos que tratan sobre la prevención de lesiones en el deporte se centran principalmente en los factores de riesgo que predisponen a la lesión y que son mucho mayores en el sexo femenino. Resultaban insuficientes en cuanto a que solo eran contenidos teóricos y que ninguno lo llevaba a cabo a la práctica para ver si se pueden cambiar. También ha resultado imposible aplicar ciertos criterios de exclusión que hubieran sido interesantes, como:

- excluir a las personas que previamente tuvieron una lesión de ligamento cruzado anterior (pues tienen una mayor probabilidad de recidiva con respecto a los sujetos sanos)
- las lesiones que fueron realizadas por contacto (ya que la mayoría se realizan por no contacto y los programas de prevención actúan en las producidas por no-contacto sobre todo).

Además, en algunos estudios la muestra de estudio fue muy pequeña, alguno lo tuvieron que realizar con sólo 19 jugadoras, lo cual supone una gran limitación pues el número de lesiones fue realmente bajo y con tan pocas personas es muy complicado extrapolar los resultados y generalizarlos (no presentan validez externa). Otro problema que se encontraron al realizar la revisión es que en algunos de los artículos se referían a lesiones de rodilla en general, aunque con la fortuna de que en el contenido del artículo diferenciaban los producidos por ligamento cruzado anterior (expresaban su porcentaje de lesiones aparte respecto al resto de lesiones que se habían producido en la rodilla, tales como meniscos, otros ligamentos...)

DISCUSIÓN DE LOS ARTÍCULOS INCLUIDOS EN LA REVISIÓN:

En el estudio de **Myklebust G et al (10)**, **Mandelbaum BR et al (12)**, **Gilchrist J et al (13)** y en el de **Soligard T et al (15)** se cogió a una muestra grande de población (superior a 900 jugadoras) y se comprobó que entrenando 20-30 minutos, 3 veces/semana durante 6 semanas con un programa de prevención que incluía ejercicios de propiocepción, agilidad, estiramientos, flexibilidad, fuerza, pliométricos y análisis biomecánico de la rodilla, se obtenían unas mejoras significativas en la disminución de lesiones de LCA (incluso del 88%)

En otros estudios como el de **Peiffer RP et al (11)** no se obtuvieron resultados positivos al llevar a cabo un programa de prevención de lesiones. Pero tampoco se le debe dar demasiada importancia pues a pesar de que era una muestra grande (1439 mujeres) solo se produjeron 6 lesiones, de las cuales 3 ocurrieron en el grupo control y 3 en el grupo de intervención. Además el programa de prevención que llevaron a cabo sólo incluía ejercicios pliométricos, alguno de agilidad y de análisis biomecánico de la rodilla en el salto; por lo que era bastante incompleto (no propiocepción...)

También cabe destacar que en otros estudios como el de **Noyes FR et al (16)**, **Hewett TE et al (18)** y el de **Sharma A (21)** mostraron una disminución de lesiones de LCA respecto al grupo control ya que inciden en la reducción de los factores de riesgo predisponentes a lesión (se ha considerado adecuado incluir este tipo de artículos porque no sólo se centran en la teoría de los factores de riesgo, sino que lo llevan a la práctica)

Otros estudios que me parecieron certeros incluir, como el de **Pfister KR et al (17)** y **Myer GD (20)**, tratan de los programas de prevención que examinan la importancia de los

ejercicios de CORE (de estabilidad central), ya que generalmente se piensa que haciendo ejercicios pliométricos se obtienen mejoras y que no es necesario incluir estos tipos de ejercicios de estabilidad de la musculatura profunda. Se ha visto que se obtienen grandes mejoras con su combinación en cuanto a la disminución de lesiones de LCA (disminución de los factores intrínsecos mucho más evidente que con los pliométricos).

En el estudio de **Vescovi JD et al** (19) apenas se obtuvieron resultados, ya que solo participaron 29 jugadoras, por lo cual no parece fiable extrapolar los resultados de que son beneficiosos a corto plazo.

El último artículo de esta revisión sistemática es de **Hagglund M** (22), el cual cumple con el principio de que “hay que ser persistente en el trabajo si quieres realmente conseguir algo”, y aquí se observa el número de lesiones que se producen teniendo en cuenta las personas que acuden al entrenamiento de prevención (bajo-medio-alto nivel de asistencia) y aunque se vio que en todas ellas se produjo una disminución en el número de lesiones, había una gran diferencia entre las de alto y bajo nivel de entrenamiento, llegando las del alto cumplimiento al escandaloso porcentaje del 88% de disminución de lesiones de LCA con respecto a las de bajo cumplimiento.

Lo más complicado es determinar que ejercicios deberían incluir (no se deben realizar los mismos en todas las jugadoras, pues cada una presenta unas deficiencias características). Además se debe variar estos ejercicios a lo largo de las 3 sesiones que se realizan a la semana (realizar cada día algunas combinaciones de ellos), es decir, una semana incidir más en alguno de ellos pero realizarlos todos.

Según los estudios revisados, en términos generales, un buen plan de prevención debería contar con estos ejercicios:

- Calentamiento general (para aumentar la temperatura de los tejidos)
- Estiramientos
- Ejercicios de fuerza (pliométricos y excéntricos)
- Ejercicios de agilidad
- Ejercicios de propiocepción
- Ejercicios de estabilidad central (CORE)
- Análisis biomecánico de la rodilla (concienciación de la posición de la rodilla)

En el anexo II se adjuntan ejercicios que se podrían incluir en cada uno de los apartados expuestos. Aquí es muy importante que las jugadoras sean “constantes” para poder beneficiarse de estos planes de prevención.

A pesar de que se han desarrollado diversos programas PEP, FIFA 11+... lo ideal sería un programa individualizado a cada deportista y tipo de deporte. Como he comentado anteriormente, en primer lugar se debe realizar un screening de cada jugadora, observando su anatomía, sus movimientos, sus técnicas de juego, sus déficits al realizar algún gesto específico, sus carencias al realizar los saltos... para así posteriormente poder elaborar un plan de prevención óptimo, que le permita reducir al mínimo la probabilidad de padecer una lesión.

Es totalmente imprescindible continuar realizando “recuerdos” del plan de prevención durante toda la temporada, a ser posible un día a la semana, y no tener la idea errónea de que los planes de prevención de la pretemporada duran toda la temporada. Esto es la causa de muchas lesiones. Otros aspectos a tener en cuenta son que la pretemporada no

debe ser excesivamente corta porque hay mundiales... sino que debe durar de 4 a 6 semanas. Referente a esto, cabe destacar que el entrenador debe ser firme respecto a este tema, ya que en muchas ocasiones muchos entrenadores acortan el periodo de pretemporada condicionados por la presión mediática (si los jugadores no acuden a los partidos la afición “se les echa encima”), por lo que muchas veces no les trabajan físicamente para que así estén “frescos” y puedan jugar y ganar los partidos a expensas de poner en riesgo la salud del jugador.

También es muy importante que no se produzca un cambio brusco del periodo de transición al de pretemporada (mucha probabilidad de lesión) y que la intensidad de la carga no sea excesiva (por ejemplo si en la preparación física se hace carrera todos los días, no se debe realizar carrera en el entrenamiento técnico-táctico para no provocar fatiga y por lo tanto no predisponer a que ocurra una lesión).

FASES EN EL DEPORTE (1):

1. **Pretemporada**→ 4-6 semanas. Su objetivo principal es la acumulación-acondicionamiento. Hay que planificar-personalizar cargas. Aquí es donde se basa el trabajo de la prevención. Generalmente se tiene una idea errónea de que los planes de prevención de la pretemporada duran toda la temporada ¡hay que hacer recuerdos! Cuidado con realizar una pretemporada excesivamente corta, un cambio brusco del periodo transitorio al de pretemporada o exponer a la jugadora a una intensidad-carga excesiva (no crear estrés excesivo potencialmente lesivo).
2. **Temporada**→35-40 semanas. Aquí el objetivo principal es la transformación-realización. Se deben hacer “recuerdos” preventivo-compensatorios.
3. **Periodo de transición**→ 4-6 semanas. Aquí los objetivos son que el organismo se recupere del esfuerzo hecho en la temporada, preparar al deportista de forma óptima para mejorar su rendimiento de manera progresiva y evitar la aparición de lesiones. Se debe preparar al deportista para asimilar cargas pretemporada. Cuidado con que en las vacaciones no disminuya drásticamente su condición física y propiedades de los tejidos. También que se produzca la recuperación completa de las lesiones previas.

Respecto a los ejercicios de análisis biomecánico de la rodilla cabe destacar que en los estudios incluidos en la revisión se trabaja mucho la recepción bipodal en el salto, en cuanto a una correcta realización en relación a la protección articular de la rodilla, y se ha observado que con una flexión de rodilla se produce una mayor activación de la musculatura periarticular y por lo tanto un menor impacto articular y del LCA disminuyendo la probabilidad de lesión.

El reflejo protector del músculo-ligamento es demasiado lento y por ello se producen muchas lesiones de LCA, por lo que es necesario el trabajo propioceptivo (aprender a estabilizar la rodilla, recepción del salto en flexión de rodilla) y la coactivación muscular flexo-extensora (ejemplo: cuádriceps e isquiosurales y de los tendones de la corva) para así obtener un efecto protector mayor y más rápido de la articulación. Con ello se mejora la estabilidad articular y se producen un menor número de lesiones en los instantes iniciales de recepción (que es cuando hay un mayor % de lesión)

- A mayor extensión rodilla se produce una mayor activación del cuádriceps y un mayor desplazamiento anterior de la tibia→ provocando un mayor estrés del ligamento cruzado anterior
- En cambio, a mayor flexión de rodilla se produce una mayor coactivación del cuádriceps-isquiosurales y por lo tanto un menor desplazamiento anterior de la tibia→ menor estrés del ligamento cruzado anterior→ menor probabilidad de lesión

Es importante señalar que cuando se produce una lesión del ligamento cruzado anterior es muy frecuente que se produzcan secundariamente otras lesiones asociadas como son las lesiones ligamentosas, los problemas meniscales, las del cartílago articular, las fracturas osteocondrales y en muy raras ocasiones una luxación patelar.

PRINCIPIOS EN EL ENTRENAMIENTO:

-Individualidad (adaptar el entrenamiento a cada individuo).

-Unidad funcional (la afectación de una parte del cuerpo, órgano... implica un desequilibrio en el resto del cuerpo)→ ocasionando una interrupción del entrenamiento.

-Multilateralidad (trabajar simultáneamente todos los factores del entrenamiento)→ la especialización es un freno para el logro del alto rendimiento).

-Especificidad (solo se puede desarrollar eficazmente si el organismo ha sido sometido a una preparación general). Si sólo se realiza preparación específica se produce una disminución de determinadas reservas funcionales y perturbación de esquemas motores.

-Repetición y continuidad (para una mejora del rendimiento son imprescindibles los estímulos repetidos y mantenidos en el tiempo)→ supercompensación positiva.

-Variedad (el estímulo monótono disminuye el efecto ergotrófico ya que el organismo se adapta y ya no sufre estrés)→ variar las cargas, la disposición de las mismas y variación de ejercicios de nivel de especificidad similar.

-Principio de estímulo eficaz de carga (carga suficiente y adecuada para que se estimulen de forma regular y planificada los sistemas de nuestro organismo, provocando adaptaciones positivas)→ trabajar entre el umbral de adaptación y el de máxima tolerancia. Adaptación al estímulo de entrenamiento:

- en adultos→trabajar en la transición entre el periodo de hipertrofia muscular y el de coordinación neuromuscular para no arriesgarnos a provocar una lesión.
- en niños→ trabajar en el nivel de hipertrofia muscular para no ocasionar complicaciones en el crecimiento.

-Progresión (hay que modificar el estímulo y/o incrementarlo para continuar progresando en el rendimiento o recuperación de la lesión)→ Con el fin de prevenir lesiones, sobrecargas y recaídas, durante la readaptación realizaremos primero aumentos en el volumen de la carga y posteriormente en la intensidad.

-Reversibilidad (los periodos de inactividad o los de interrupción del entrenamiento provocan una pérdida de las ganancias que se habían adquirido previamente, por lo que podemos concluir que los efectos producidos por el entrenamiento son reversibles→ EFECTO DE DESENTRENAMIENTO).

-Periodización (es necesario realizar cambios periódicos en la estructura y contenido del entreno para conseguir una mejora del rendimiento)→ sesión, microciclo, mesociclo y macrociclo. Los mesociclos siempre deben estar ordenados y realizarse en el siguiente orden (ATR): acumulación, transformación y realización.

-Carga de entrenamiento (tener en cuenta la capacidad, condiciones y momentos del deportista). Es muy importante que la interconexión de las cargas sea positiva para no provocar fatiga muscular ni riesgo de sobrecarga-lesión.

-Recuperación (el organismo necesita un tiempo adecuado de reposo para recuperarse de la fatiga y reordenarse para afrontar la siguiente carga en las mejores condiciones posibles). La recuperación es mejor si el descanso es activo (ejercicios en piscina...). No se debe realizar más de 2 días de trabajo-ejercicio intenso sobre las mismas estructuras para no provocar daño en el tejido por carga excesiva.

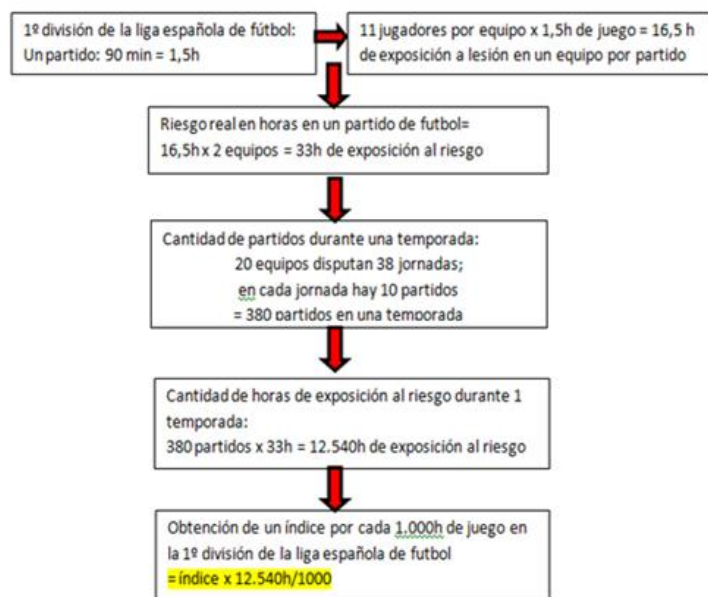
Es fundamental el trabajo en cadena cinética cerrada y el trabajo monopodálico, ya que su uso es predominante en la mayoría de los deportes (fútbol, baloncesto, patinaje, atletismo...) y su patrón de activación muscular es similar al mecanismo lesional, por lo cual se recomienda que se trabaje monopodalmente el 70-80% de la duración del entrenamiento, para así prevenir la aparición de lesiones.

También se debe tener en cuenta la presencia de desequilibrios musculares, los cuales se pueden aceptar si son de un 5-10% de déficit del lado derecho respecto al izquierdo o viceversa (por el efecto de dominancia). Pero si es mayor del 10% se deben corregir pues son un gran predisponente de lesión.

Además, es relevante saber que hay que trabajar sin fatiga en la adquisición de patrones motores (porque si trabajamos en fatiga se está predisponiendo a un mayor riesgo de lesión, pues aún los ejercicios no están integrados) y con fatiga según nos vayamos aproximando a la realidad del deporte. El trabajo preventivo debe tratar de disminuir la respuesta motriz ante una situación no aprendida, por lo que es fundamental diseñar tareas que aproximen la situación no competitiva a la competitiva.

En el caso de que se produzca una lesión se debe adaptar el entrenamiento a la nueva situación, evitar interrupciones completas del entrenamiento (ejemplo: trabajo en piscina, donde se reducen las cargas). El ligamento cruzado anterior necesita de 6 a 9 meses de recuperación tras la intervención quirúrgica (8).

Por todo ello, se puede apreciar la gran relevancia que tienen los programas de prevención para evitar este gran número de lesiones del ligamento cruzado anterior que se producen cada año. Además esto conlleva a la pérdida de entrenamientos y de competiciones, aportando así mayores beneficios tanto a la jugadora como a su entrenador y federación. Actualmente se suele hacer un recuento de lesiones por 1000 horas de juego para poder comparar resultados:



Teniendo en cuenta ésto, si tenemos por ejemplo 500 lesiones:

$$500/12.540 \times 1000 = 39,9 \text{ lesiones/1000h de juego}$$

FIG 4: ejemplo del cálculo de las horas de exposición al riesgo durante 1 temporada de la 1ª división de la liga española de fútbol

A NIVEL ECONÓMICO:

Este gran número de lesiones que se producen anualmente provoca un gran impacto en los costes sanitarios, ya que casi nunca se tiene en consideración la gran importancia que tienen los programas de prevención:

- Deporte profesional (élite)→ se estima en la liga de fútbol inglesa un gasto de 40 millones £/ temporada por lesiones deportivas (1).
- Deporte amateur→ en EEUU se estimó unas 250.000 roturas de LCA por temporada, lo cual implica un coste sanitario de 2.000 millones \$ (1,10).

A nivel general, la incidencia de rupturas de LCA aisladas se estima en 30 por cada 100.000 habitantes al año (25). Más concretamente en España se calculó 16.821 plastias de LCA anuales (año 2001), lo que representaría una incidencia de 4 casos por cada 1000 habitantes al año si todas las roturas se hubieran operado. Una de cada 5 artroscopias realizadas en España tiene como objetivo la reconstrucción de un LCA roto (24). Anualmente se gastan miles de dólares en reconstrucciones de ligamento cruzado anterior (aproximadamente 175.000 cirugías de reconstrucción del LCA son llevadas a cabo en los EE.UU, con un coste estimado de más de 2 billones de dólares).

Datos interesantes que se consideraron certeros expresar en la revisión, como curiosidad, son que la artroscopia por reparación de ligamento cruzado anterior a través de injertos de tendón rotuliano es más barata que la utilización del tendón de isquiotibiales. Además la utilización de autoinjertos es menos costosa que la utilización de aloinjertos aunque el tiempo de cirugía requerido para el autoinjerto es mayor. Cabe destacar que la terapia pre y post-quirúrgica de la lesión del LCA (rehabilitación...) conlleva un gasto escalofriante de 17.000 dólares. Además de todo este gasto se debe tener en cuenta la pérdida de entrenamientos y de partidos (la rehabilitación necesaria para una rotura del LCA ronda los 6-9 meses)

Es muy importante la educación de la población sobre los programas de prevención. Cabe destacar que, además de ser importante la constancia en los ejercicios del programa de prevención, se debe excluir el consumo de esteroides anabólicos, ya que predisponen a un mayor número de lesiones. Porque entonces es tontería llevar a cabo un programa de prevención si por otro lado se está predisponiendo a padecer una lesión.

Se debe tener en cuenta la alimentación (consumo adecuado de hidratos de carbono...), ya que aunque muchas veces no se le presta mucha atención es una gran precursora de patologías y lesiones.

Además, la aplicación de estos estudios apenas supone un gasto económico en cuanto al material necesario, ya que generalmente todos los equipos de fútbol cuentan con ellos.

Algo a discutir es en la aplicación de 120 minutos de entrenamiento por sesión, pues esto conllevaría a una gran fatiga y disminución de las reservas de glucógeno y si luego tiene que competir, van a tener una gran predisposición a sufrir una lesión. Por lo cual, se considera más adecuado realizar 20-30 minutos de entrenamiento por sesión.

LIMITACIONES DE LA REVISIÓN:

- Al sólo realizarse el estudio de prevención a jugadoras jóvenes no se puede concluir con total seguridad que se puedan extrapolar los resultados, aunque sí que son efectivos y que se reducen el número de lesiones del ligamento cruzado anterior.

- No se pudo conseguir un doble ciego, ya que los entrenadores de los equipos estaban altamente implicados en la realización del estudio (pues eran ellos los que anotaban las ausencias, controlaban que se cumplieran con los ejercicios de prevención...) por lo que también pudo influir en los resultados esta motivación de los entrenadores. Incluso en dos de los trece estudios no hubo ciego, por lo que le resta fiabilidad a los datos obtenidos.

- Una limitación a tener en cuenta es que la variable principal del estudio (resultado principal) está cuantificada de manera diferente. Algunos exponen el número de ausencias por 1000 horas de juego, otros por 1000 jugadoras... por lo cual resulta complicado su comparación.

- Otro aspecto a considerar es que en alguno de los estudios no se pudo obtener de manera aleatorizada a las jugadoras que iban a pertenecer al grupo control y al de intervención, incluso en un estudio no se pudo tener grupo control. Además, según la metodología que se llevó a cabo en los estudios, era imposible dentro de un mismo equipo tener grupo control o intervención, pues tenían sus horarios y días prefijados y compatibles con el instituto y sino el ciego iba a resultar extremadamente complicado.

- En algunos estudios la muestra era demasiado pequeña como para fiarnos plenamente de sus resultados, ya que al ser realizado en tan pocas jugadoras no se puede garantizar que la disminución de lesiones sea por el programa y que no haya influido el azar, por lo que no se pueden extrapolar los resultados.

- En otros observamos que no se produjeron ninguna mejora significativa con los programas de prevención, lo cual puede ser debido a que se hicieron en una muestra pequeña o también porque se produjeron un número escaso de lesiones de ligamento

cruzado anterior. Pero es imposible controlar que se produzcan o no lesiones en el grupo control o en el de intervención.

-Una de las mayores limitaciones es que los investigadores no controlaron los ejercicios que llevaban a cabo los del grupo control, ya que podían incluir varios de los ejercicios que fueron empleados para los del grupo intervención, alterando así los resultados. Una de las propuestas de mejora es que en el próximo estudio se realice un grupo control y otro intervención con las siguientes características:

- GRUPO CONTROL: ejercicios lo máximo placebo posibles (no incluir ninguno que provoque mejoras ni ninguno que se lleven a cabo en el entrenamiento del grupo de la intervención)
- GRUPO INTERVENCIÓN: ejercicios que incluyan flexibilidad, fuerza, concienciación biomecánica, propiocepción, agilidad... (los antes expuestos)

Imagino que no consideraron variar estos ejercicios del grupo control para que no se descubriese el ciego de los participantes y también por temas éticos. Aunque si se controlasen probablemente se vieran mayores diferencias significativas y se podría observar en mayor medida la efectividad de un buen plan de prevención.

CONCLUSIONES:

Tras la revisión bibliográfica llevada a cabo en las diferentes bases de datos científicas, podemos concluir que los programas de prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior en deportistas femeninas son efectivos en la disminución del número de lesiones de dicho ligamento. Estos programas abarcan una gran variedad de ejercicios que disminuyen los factores de riesgo intrínsecos de lesión (como son el aumento del ángulo Q con respecto a los hombres, un mayor tiempo para reaccionar frente a cambios de dirección, velocidad...) gracias a la potenciación de la musculatura y de la concienciación biomecánica de la rodilla, protegiendo así a la articulación y por lo tanto a sus ligamentos. Es realmente importante concienciar a las jugadoras de la importancia del análisis biomecánico de la rodilla (controlar su movimiento en el aterrizaje de un salto...).

Especialmente son indicados en jugadoras jóvenes, pues aún no tienen definidos sus patrones de movimiento, resultando así más fácil su modificación que en las jugadoras adultas, en las cuales hay que cambiárselos, aunque sería muy recomendable de cara a su salud en el futuro.

Cabe destacar la efectividad de estos programas de prevención siempre y cuando tengan una duración adecuada (4-6 semanas), ejecutándolos mínimo 2 veces/semana (preferiblemente 3 veces/semana) durante 20-30 minutos. Se llevan a cabo durante la pretemporada, pero es necesario realizar “recuerdos” durante el periodo de temporada (1 vez/semana) y poner fin al faso mito de que “los ejercicios que se realizan en la pretemporada duran toda la temporada” ya que por esta razón se producen muchas de las lesiones. Además de todo esto, es muy importante que las jugadoras se impliquen en la realización de los ejercicios propuestos en el plan de prevención y que acudan a las sesiones, ya que con ello van a perderse menos competiciones y van “a ganar en salud”.

Es muy importante recordar que es necesario un tiempo de transición, reposo, para que las estructuras no se fatiguen ni sobrecarguen pues tendrían una elevada probabilidad de lesión (pero no absoluto para no causar una disminución drástica de la condición física de la jugadora). Por lo tanto, la recuperación es mucho mejor si el descanso es activo (realizar ejercicios en piscina...).

También, durante el desarrollo del programa de prevención hay que ser conscientes de que no se debe entrenar dos días seguidos los mismos grupos musculares o realizar también carrera si la van a hacer en el entrenamiento, pues no serviría de nada esa prevención que queremos conseguir ya que expondríamos a las estructuras a una gran fatigabilidad y por consiguiente a una gran probabilidad de lesión.

En esta revisión, muchos artículos hablan de unos programas concretos de entrenamiento, como son el PEP, FIFA 11, KLIP, SPORTMETRICS... pero debemos ir más allá de estos programas, tenemos que individualizarlos para cada jugadora y especialmente para cada deporte. A pesar de esta individualidad, según las conclusiones de los artículos, podemos observar que todo programa de prevención debiera incluir ejercicios de calentamiento general (para aumentar la temperatura de los tejidos), estiramientos, ejercicios de fuerza (pliométricos y excéntricos...), de agilidad, de propiocepción, de estabilidad central (CORE) e incidir sobre todo en el análisis biomecánico de la rodilla (su posición especialmente en los saltos)

A pesar de la gran disminución de lesiones del ligamento cruzado anterior que se producen en las jugadoras femeninas en comparación con las jugadoras que no lo realizan, se ha visto que siguen teniendo una mayor predisposición que los varones que practican deporte e incluso que los que no lo practican (ésto se debe a que los varones tienen una musculatura mejor preparada para la práctica deportiva y a que no les afectan las hipótesis multifactoriales explicadas en la introducción). Pero son mucho menores estas probabilidades de lesión que las de las mujeres deportistas que no realizan ningún programa de prevención.

También es de vital importancia que los entrenadores se impliquen y “pongan de su parte” en la práctica de este tipo de entrenamientos, supervisando constantemente la posición de la rodilla, la realización de las técnicas deportivas... Además, esto les va a resultar muy beneficioso ya que si con ellos se disminuyen las lesiones, se va a reducir el escalofriante coste económico que suponen sus ausencias en los partidos...

Aunque los estudios incluidos en la revisión tratan de jugadoras de fútbol, baloncesto, balonmano, vóley y lacrosse, podría ser posible extrapolar los resultados a otros deportes, teniendo en cuenta las características y requerimientos de cada deporte para ir adaptando los ejercicios a dicha práctica deportiva.

Cabe destacar que se debe ir acercando los entrenamientos a las condiciones en las que se practica el deporte (aproximar la situación no competitiva a la competitiva), a la realidad deportiva (pues sino no estarían sus estructuras y musculatura lo suficientemente preparadas al terreno de juego y se producirían lesiones). Por ejemplo en el fútbol: realizar técnicas específicas de chute primero en suelo duro y luego ya pasar a realizarlo en el césped, que es un terreno que exige una mayor fuerza muscular y una mayor estabilidad, pero que es donde juega la deportista. Es imprescindible trabajar sin fatiga en la adquisición de patrones motores (aprendizaje) y con fatiga según nos vayamos aproximando a la realidad de la práctica deportiva (para que desarrolle resistencia a la fatiga, que es lo que se produce en el campo de juego).

Además de todo esto, es sumamente importante trabajar la cadena cinética cerrada y el trabajo monopodálico, ya que su uso es predominante en la mayoría de los deportes (se recomienda según los estudios un 70-80% de la duración del entrenamiento) para así prevenir la aparición de lesiones. También porque sus patrones de activación muscular son similares a los del mecanismo lesional.

En los saltos de rodilla se ha visto que si se realiza la recepción del salto con ligera flexión de rodilla se produce una mayor activación de la musculatura periarticular (coactivación del cuádriceps-isquiotibiales) dando lugar a un menor desplazamiento anterior de la tibia y por lo tanto un menor estrés del ligamento cruzado anterior y consecutivamente un menor impacto articular disminuyendo así la probabilidad de lesión.

También podrían ser testados estos resultados en hombres, aunque revisando diversos estudios parece que no son tan efectivos, pues no son los factores neuromusculares los causantes de las lesiones de LCA en hombres.

Tras la revisión en las diferentes bases de datos científicas se puede apreciar que los pasos a seguir para una buena planificación de la prevención de lesiones son (1):

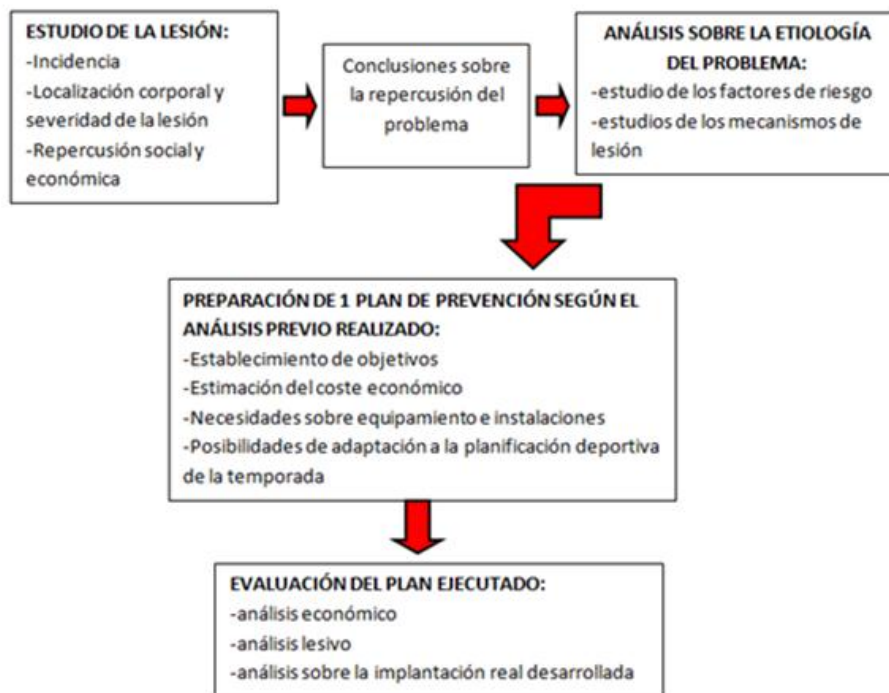


FIG 5: fases de un buen plan de prevenciones (1,9)

“Los pilares en los que debe sustentarse todo programa de prevención de lesiones en el deporte son: sistema propioceptivo-visual-vestibular, trabajo de fuerza y trabajo de coordinación” (1)

Futuros estudios son necesarios para poder corroborar que son efectivos estos planes de prevención de lesiones de ligamento cruzado anterior en deportistas femeninas y especialmente para asegurar que se puedan extrapolar los resultados a otras edades y a otros ámbitos deportivos. También sería idóneo llevarlos a cabo vigilando que el grupo control no realice ningún ejercicio que se ejecute con los del grupo intervención. Además, sería mucho más fiable si la muestra de estudio fuera grande y se realizara en diferentes países y continentes, para que así no pudieran influir las características genéticas y físicas de ese lugar. Sería ideal si se llegase a conseguir realizar el enmascaramiento del entrenador en dichos estudios controlados aleatorios pues sus resultados tendrían un mayor nivel de fiabilidad y validez, objetivables en la escala PEDRO.

FUENTES DE INFORMACIÓN:

- (1) Romero, D. and Tous, J. Prevención de Lesiones en el Deporte. Editorial Panamericana. España 2010
- (2) Orchard J, Seward H. Epidemiology of injuries in the Australian Football League, seasons 1997-2000. *Br J Sports Med* 2002 Feb;36(1):39-44.
- (3) Fordham S, Garbutt G, Lopes P. Epidemiology of injuries in adventure racing athletes. *Br J Sports Med* 2004 Jun;38(3):300-303.
- (4) Rahnama N, Reilly T, Lees A. Injury risk associated with playing actions during competitive soccer. *Br J Sports Med* 2002 Oct;36(5):354-359.
- (5) Ostenberg A, Roos H. Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scand J Med Sci Sports* 2000 Oct;10(5):279-285.
- (6) Hewett TE. Neuromuscular and hormonal factors associated with knee injuries in female athletes. Strategies for intervention. *Sports Med* 2000 May;29(5):313-327.
- (7) Fleck J. Steven, Kraeme J. William. Designing resistance training program. Editorial Human kinetics books. U.S.A, 2004
- (8) Silvers HJ, Mandelbaum BR. Prevention of anterior cruciate ligament injury in the female athlete. *Br J Sports Med* 2007 Aug;41 Suppl 1:i52-9.
- (9) Wilkstrom EA, Tillman MD, Schenker S, Borsa PA. Failed jump landing trials: deficits in neuromuscular control. *Scand J Med Sci Sports* 2008; 18(1):55-61
- (10) Myklebust G, Engebretsen L, Braekken IH, Skjolberg A, Olsen OE, Bahr R. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med* 2003 Mar;13(2):71-78.
- (11) Pfeiffer RP, Shea KG, Roberts D, Grandstrand S, Bond L. Lack of effect of a knee ligament injury prevention program on the incidence of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J Bone Joint Surg Am* 2006 Aug;88(8):1769-1774.
- (12) Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med* 2005 Jul;33(7):1003-1010.
- (13) Gilchrist J, Mandelbaum BR, Melancon H, Ryan GW, Silvers HJ, Griffin LY, et al. A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *Am J Sports Med* 2008 Aug;36(8):1476-1483.
- (14) Holm I, Fosdahl MA, Friis A, Risberg MA, Myklebust G, Steen H. Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. *Clin J Sport Med* 2004 Mar;14(2):88-94.
- (15) Soligard T, Nilstad A, Steffen K, Myklebust G, Holme I, Dvorak J, et al. Compliance with a comprehensive warm-up programme to prevent injuries in youth football. *Br J Sports Med* 2010 Sep;44(11):787-793.

- (16) Noyes FR, Barber-Westin SD, Smith ST, Campbell T, Garrison TT. A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school basketball players. *J Strength Cond Res* 2012 Mar;26(3):709-719.
- (17) Pfile KR, Hart JM, Herman DC, Hertel J, Kerrigan DC, Ingersoll CD. Different exercise training interventions and drop-landing biomechanics in high school female athletes. *J Athl Train* 2013 Jul-Aug;48(4):450-462.
- (18) Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med* 1999 Nov-Dec;27(6):699-706.
- (19) Vescovi JD, VanHeest JL. Effects of an anterior cruciate ligament injury prevention program on performance in adolescent female soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 2010 Jun;20(3):394-402.
- (20) Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. The effects of plyometric vs. dynamic stabilization and balance training on power, balance, and landing force in female athletes. *J Strength Cond Res* 2006 May;20(2):345-353.
- (21) Sharma A, Arora M, Koley SH. Effects of dynamic neuromuscular analysis training on static and dynamic balance in Indian female basketball players. *Human biology review* 2013 April;2(2):193-203
- (22) Hagglund M, Atroshi I, Wagner P, Walden M. Superior compliance with a neuromuscular training programme is associated with fewer ACL injuries and fewer acute knee injuries in female adolescent football players: secondary analysis of an RCT. *Br J Sports Med* 2013 Oct;47(15):974-979.
- (23) Pérez Triviño, JL. *Ética y deporte*. Editorial Desclee de Brouwer. España 2012
- (24) Asociación Española de Artroscopia (AEA). Informe sobre el perfil de la cirugía artroscópica en España. *Cuadernos de Artroscopia* 2001; 8:10-21.
- (25) Miyasaka KC, Daniel D, Stone ML, Hirshman P. The incidence of knee ligament injuries in the general population. *American Journal of Knee Surgery* 1991;4:3-7.
- (26) Unesco C. Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). REVISIÓN. 2008.
- (27) Santa Monica Sports Medicine Foundation. 1990 (accedido el 5 de junio de 2014). Disponible en: <http://smsmf.org/smsf-programs/pep-program>
- (28) Bizzini M, Junge A, Dvorak J. Implementation of the FIFA 11+ football warm up program: how to approach and convince the Football associations to invest in prevention. *Br J Sports Med* 2013 Aug;47(12):803-806.
- (29) The Jackson clinics physical therapy. 2005 (accedido el 5 de junio de 2014). Disponible en: <http://www.thejacksonclinics.com/services/health/b-fit/stations/9-services/64-sportmetrics-acl>

ANEXO 1: PROGRAMAS DE PREVENCIÓN UTILIZADOS ACTUALMENTE

1. PROGRAMA DE PREVENCIÓN PEP (PREVENT INJURY ENHANCE PERFORMANCE):

Fue diseñado por 4 cirujanos ortopédicos (especializados en medicina deportiva y ortopedia), los cuales trabajaban en una clínica ortopédica privada en Santa Mónica. Se creó el programa PEP para prevenir las lesiones del ligamento cruzado anterior y mejorar el rendimiento. Se basa en un calentamiento alternativo que aumenta la distensibilidad y sirve para combatir la fatiga (27). Se han distribuido en todo el mundo unos 2.000 videos/DVD del programa PEP.

Este programa consiste en 20 minutos de entrenamiento, desarrollado por un equipo compuesto por médicos, fisioterapeutas, preparadores físicos y entrenadores. Debe realizarse al menos 2-3 veces/semana. Consiste en:

1. Calentamiento
2. Estiramientos
3. Fuerza (fortalecimiento y ejercicios pliométricos)
4. Agilidad
5. Propiocepción

En todo momento se realiza un análisis biomecánico de la rodilla y su concienciación a los jugadores.

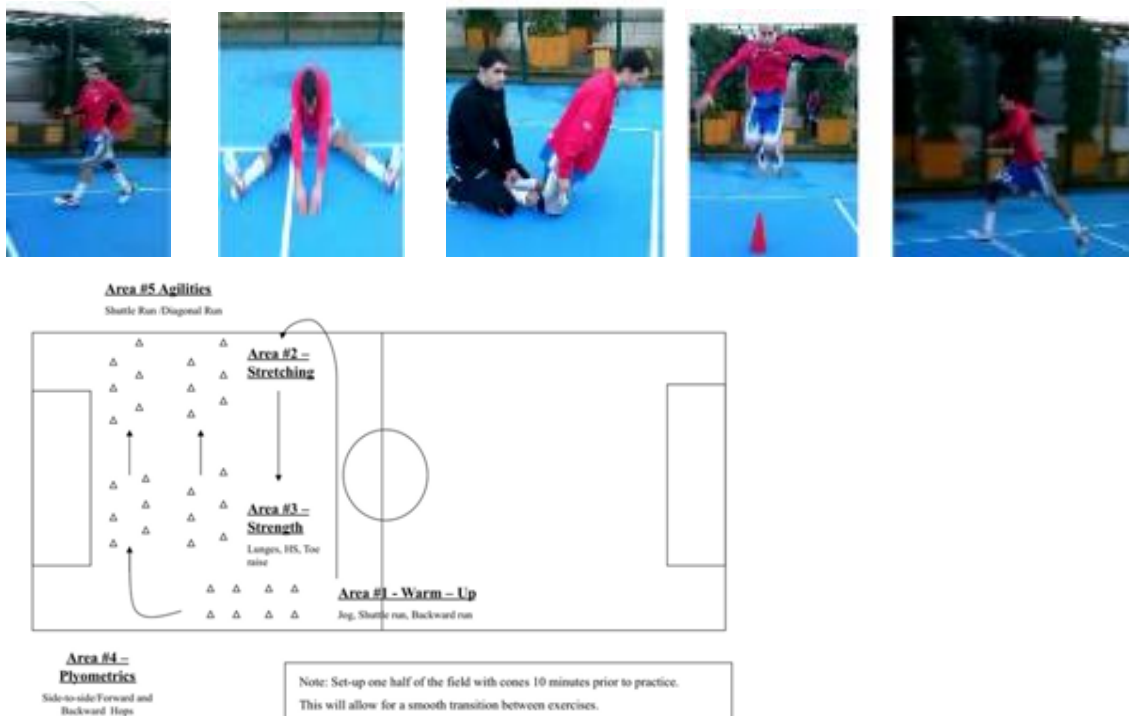


FIG 1: distribución en el campo de juego

Se utiliza para abordar el déficit de fuerza de los músculos estabilizadores de la rodilla, corrigiendo las posturas inadecuadas (27).

2.PROGRAMA DE PREVENCIÓN 11+:

Este programa fue desarrollado por un grupo internacional de expertos (F-MARC). Se ha observado que los equipos que lo han llevado a cabo al menos 2 veces a la semana, han visto reducidas sus lesiones de ligamento cruzado anterior en un 30-50%. El programa dura 20 minutos y debería practicarse como un calentamiento habitual, al comienzo de cada sesión de entrenamiento (mínimo 2 sesiones por semana). Activa el sistema cardiovascular. Es muy importante realizar correctamente todos los ejercicios, por lo que el entrenador debe supervisar el programa. F-MARC creó este programa de prevención para jugadores aficionados, cuya eficacia ha sido ampliamente demostrada en Suiza, extendiéndose posteriormente a nivel mundial (28).

Este programa se divide en 3 partes:

- **Parte 1** → ejercicios de carrera a baja velocidad combinados con estiramientos activos y contactos controlados con el compañero.
- **Parte 2** → 6 grupos de ejercicios, centrados en la fuerza del tronco y de las piernas, equilibrio, pliometría y agilidad, cada uno con 3 niveles de dificultad creciente.
- **Parte 3** → ejercicios de carrera a velocidad moderada-alta combinados con movimientos de cambio de dirección.

Antes de los partidos solo deberían practicarse los ejercicios de carrera (partes 1 y 3) para no provocar fatiga y no predisponer a lesión (28).

Un punto fundamental del programa es el uso de la técnica adecuada durante todos los ejercicios. Hay que prestar mucha atención a la posición correcta y a un buen control corporal, incluido la alineación recta de la pierna, la posición de las rodillas por delante de las puntas de los pies y los aterrizajes suaves.

Preparación del terreno (28):



FIG 2: preparación del terreno de juego en el programa "11"

3.PROGRAMA DE PREVENCIÓN SPORTMETRICS:

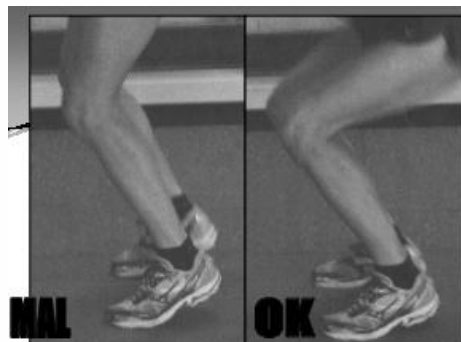
Fue creado bajo la dirección de Frank R. Noyes, un cirujano ortopédico especializado en medicina deportiva. Se trata de un programa de entrenamiento de saltos de 6 semanas (3 veces/semana a días alternos) y se compone de un calentamiento dinámico, análisis biomecánico de la marcha, ejercicios pliométricos, entrenamiento de fuerza y ejercicios de flexibilidad (29). En numerosas revisiones sistemáticas se ha puesto de manifiesto que:

- Reducen el riesgo de lesión grave en la rodilla.
- Aumenta la altura del salto vertical (hasta 4 pulgadas).
- Mejora la fuerza del cuádriceps e isquiotibiales y la simetría en la potencia de las piernas.
- Mejora la mecánica de aterrizaje y reduce los movimientos de lado a lado de la rodilla.

También, gracias a este programa se produce una mejora del rendimiento. Aquí los atletas son supervisados durante todas las sesiones (no más de 6 jugadores por instructor), por lo que cada atleta recibe recomendaciones y atención individualizada (29).

Ejercicios:

- **Calentamiento dinámico**→para elevar la temperatura corporal, aumentar el flujo de sangre a los músculos y mejorar la flexibilidad, equilibrio y coordinación.
- **Pliometría y saltos**→ es el núcleo de este programa. Se centra en la técnica de salto correcta y en un buen aterrizaje. Con ello se obtiene un desarrollo del control muscular y fuerza, por lo que se consigue reducir el riesgo de lesión y aumento de la altura del salto.
- **Entrenamiento de fuerza**→ De alta intensidad. Énfasis en la alineación del cuerpo. Aquí se basa en el desarrollo de la fuerza y una mejora de la eficiencia muscular en general.
- **Entrenamiento de la flexibilidad**→ esencial para alcanzar la longitud máxima del músculo, permitiendo que los músculos trabajen la potencia a través del rango completo de movimiento. Así se disminuyen las lesiones y el dolor muscular.



4. PROGRAMA DE PREVENCIÓN KLIP:

Fue diseñado por un fisiólogo del ejercicio, entrenadores de atletismo, fisioterapeutas y médicos. Puede realizarse antes o al final del entrenamiento y dura 20 minutos. Este programa se centra principalmente en la desaceleración en la carrera con cambios de dirección y en el aterrizaje del salto (se comienza aterrizando con los 2 pies y se va progresando a un solo pie y en todas las direcciones) (11).

Se divide en varias fases y se pasa de una fase a otra a medida que se va progresando, consistiendo en:

- Análisis biomecánico de la rodilla.
- Saltos principalmente (en el sitio, longitud, salto y aterrizaje con 2 piernas, luego con 1).
- Ejercicios de agilidad.

A pesar de que hay varios protocolos y tipos de programas de prevención, debemos saber que lo ideal es uno individualizado a cada paciente y ámbito deportivo.

ANEXO II: TIPOS DE EJERCICIOS A INCLUIR EN EL PROGRAMA DE PREVENCIÓN

Aquí se expone un ejemplo de los ejercicios que se podrían incluir en el plan de prevención.

1.CALENTAMIENTO:

El calentamiento es fundamental tanto de cara a afrontar un entrenamiento o competición, como en el proceso de recuperación de una lesión. Siempre debemos comenzar con un calentamiento de los tejidos antes de pasar al trabajo principal, y cuando la lesión nos impida realizar más trabajo, este calentamiento nos servirá para ir poco a poco acondicionando estos tejidos para la vuelta a su nivel normal. Es muy útil para prevenir lesiones, ya que con éste se consigue un aumento de la temperatura de los tejidos y prepara a los sistemas energéticos (implica al 60% de la musculatura). Su objetivo es conseguir que el deportista-paciente esté en condiciones musculares, orgánicas y nerviosas óptimas para enfrentarse a esfuerzos físicos de alta intensidad. Debe ser gradual y aeróbico, aunque puede incluir esfuerzos intensos de corta duración (máximo 6-7 sg de anaeróbicos alácticos). Debe incluir ejercicios de movilidad articular y flexibilidad. Su duración es de 10-15 minutos (1).

Ejemplos de ejercicios:

Trote de línea a línea: 50 yd/ 1 repetición. El objetivo es preparar al deportista para la sesión de entrenamiento y así reducir al mínimo el riesgo de lesiones. Es muy importante educar a los atletas sobre una correcta técnica al correr, manteniendo la cadera, rodilla y tobillo en el mismo plano (sin ceder hacia los lados). Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



Carrera hacia atrás: 50 yd/ 1 repetición. Muy importante involucrar a los músculos extensores de cadera (isquiotibiales, glúteo mayor...). Asegurarnos que el deportista aterriza con la punta de los pies (metatarso) y que mantenga fija la rodilla (que no se vaya a los lados). A medida que el deportista lleva su peso al talón, observar que mantenga una ligera flexión de rodilla. No llevar la rodilla hacia atrás. Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



Carrera cogiendo un objeto: 50 yd/ 1 repetición. Correr en línea recta, coger un objeto y volver al lugar de salida. Importante que tengan una correcta técnica al correr, manteniendo la cadera, rodilla y tobillo en el mismo plano. Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



2. ESTIRAMIENTOS:

Es el alargamiento del músculo más allá de la longitud que tiene en su posición de reposo. Características de los estiramientos:

- Aumenta el rango articular.
- Aumenta la flexibilidad de los músculos.
- Disminuye la cantidad de ácido láctico en los músculos.
- Evita las lesiones deportivas más comunes.
- Mejora la coordinación de músculos agonistas-antagonistas.
- Previene el endurecimiento muscular después del ejercicio.
- Reduce la tensión muscular.
- Ayuda a la facilitación de los movimientos.

Ejemplos de **estiramientos pasivos** (incidir más en los grupos musculares que estén más implicados en la actividad deportiva a realizar). Realizar en vuelta a la calma o en la parte principal del entrenamiento del ROM (rango osteomuscular). 2 Rep x 30seg. Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).

GEMELOS



CUÁDRICEPS



ISQUIOTIBIALES



ADUCTORES



FLEXORES DE CADERA



3.FORTALECIMIENTO:

Al aumentar la fuerza en las piernas se consigue una articulación de la rodilla más estable. Al ser más potentes los músculos periarticulares soportarán mucho mejor los golpes, caídas o impactos que se producen en la actividad deportiva, disminuyendo así la probabilidad de lesión (ligamentos, tendones... mucho más protegidos).

Ejemplos de ejercicios de fortalecimiento:

Walking Lunges: 20 yd / 2 repeticiones. Con este ejercicio fortalecemos el cuádriceps. Consiste en un movimiento hacia delante bajando la cadera mediante una flexión de la rodilla adelantada, continuando el avance con la otra pierna. Es muy importante que la rodilla adelantada no se vaya hacia adentro (no llevar la rodilla por delante del pie) Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



Russian Hamstring: 20 repeticiones. Con este ejercicio fortalecemos los músculos isquiotibiales. El deportista tiene que arrodillarse en el suelo con las manos a los lados (un compañero debe sostenerle firmemente los tobillos). Con la espalda recta debe llevar el tronco hacia delante. Los hombros, cadera y rodilla deben estar en línea recta cuando el deportista se incline (no doblar la cintura). Trabajo excéntrico. Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



Single Toe Raises: 30 repeticiones con cada pierna. Con este ejercicio se fortalecen los músculos flexores de tobillo (peroneo, gemelos, sóleo y tibial posterior) además de mejorar el equilibrio. El deportista se debe de poner de pie con los brazos a los lados. Doblar la rodilla izquierda manteniendo el equilibrio. Poco a poco debe levantarse hasta colocarse de puntillas intentando no perder el equilibrio. Repetir 30 veces y cambiar de pierna. Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



4.EJERCICIOS DE FUERZA EXCÉNTRICA:

Una contracción es excéntrica cuando una resistencia dada es mayor que la tensión ejercida por un músculo determinado, de forma que éste se alarga. Beneficios:

- Aumenta la fuerza muscular y la velocidad articular.
- Aumenta la elasticidad de los tejidos (tanto muscular como conectivo).
- Crea sarcómeros en serie (facilita el alargamiento muscular).
- Mejora el reclutamiento (capacidad de las fibras musculares de contraerse).
- Aumento de la síntesis del colágeno en el tejido conectivo, lo que permite un mejor funcionamiento del tendón.
- Mejora la capacidad propioceptiva.
- Control neuromuscular más ajustado.
- Disminuye el riesgo de lesiones musculares y tendinosas.
- Mejora la respuesta de la contracción concéntrica.

Ejemplos de ejercicios de fuerza excéntrica:

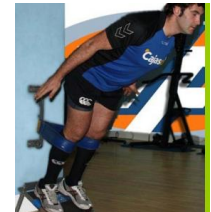
A)Ejercicios RUSO en diferentes ángulos (se va añadiendo cada vez mayor angulación y por lo tanto más dificultad). Su objetivo principal es poder entrenar los miembros inferiores sin sobrecargar la zona lumbar, para ello utilizamos el **tirante musculador**. Myer GD et al (20).



- Si se quiere entrenar los **cuádriceps**, hay que colocarse mirando el poste y con el tirante musculador agarrado en los tendones de la corva. En esta posición, se realiza una sentadilla echándose hacia atrás y volver a subir. Myer GD et al (20).



- Si lo que se quiere es entrenar los **isquiotibiales y glúteo mayor**, hay que colocarse de espaldas al poste y el tirante musculador se pondrá justo por encima de las rótulas. En esta posición hay que inclinarse hacia delante con cuidado de no doblar la columna lumbar (sólo flexionar la cadera) y volver a la posición inicial. Myer GD et al (20).



B)Ejercicios LEG CURL: sentado, con las manos en los agarres y tobillos ajustados, inspirar y efectuar una flexión simultánea de las piernas. Espirar al final del esfuerzo y volver a la situación de partida con 1 sola pierna, controlando el movimiento. Así se trabajan los isquiotibiales, gemelos y el músculo poplíteo. Myer GD et al (20).



C)Ejercicios LEG PRESS: sentado, se colocan los pies en la plataforma con una separación igual a la de los hombros y en un ángulo de 90º con las rodillas. A continuación, empujar los pies contra la plataforma de modo que las rodillas estén estiradas y volver lentamente a la posición inicial con un solo pie. Aquí se trabaja sobre todo el cuádriceps, pero también los glúteos, músculos posteriores del muslo y aductores. Myer GD et al (20).

- Si se sitúan los pies en la parte inferior de la plataforma se trabaja más los cuádriceps.
- Si se sitúan en la parte superior se insiste más en los glúteos y músculos posteriores del muslo.



5.EJERCICIOS PLIOMÉTRICOS

Estos ejercicios son explosivos y ayudan a mejorar la potencia. La parte más importante de la técnica es el aterrizaje, el cuál debe ser suave. Hay que aterrizar suavemente sobre las puntas de los pies y lentamente retroceder hasta el talón con las rodillas flexionadas y la cadera derecha. Ejemplos:

Saltos de lado a lado: de cono a cono. 20 repeticiones. Su objetivo es aumentar la potencia/fuerza mejorando el control neuromuscular. De pie, con un cono 6 cm a la derecha. Saltar hacia la derecha sobre el cono, con un suave aterrizaje sobre la punta de los pies doblando las rodillas. Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



Saltos delante-atrás: saltar el cono. 20 repeticiones. Su objetivo es aumentar la potencia/fuerza mejorando el control neuromuscular. El deportista debe saltar hacia delante el cono aterrizando suavemente sobre las puntas de los pies, doblando las rodillas, después el deportista debe saltar hacia atrás por encima del cono con la misma técnica de aterrizaje. Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



Saltos delante-atrás con 1 pierna: saltar el cono. 20 repeticiones. Igual que el ejercicio anterior pero el salto y el apoyo es con una sola pierna. Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



Saltos verticales: 20 repeticiones. El objetivo es aumentar la altura del salto vertical. El deportista tiene que realizar un salto vertical flexionando las rodillas. El aterrizaje debe ser con la parte delantera del pie, y posteriormente tomar contacto con todo el mismo, realizando una ligera flexión de rodilla al aterrizar. Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



Scissors Jump: 20 repeticiones. El objetivo es aumentar la potencia y fuerza del salto vertical. El deportista deberá realizar un salto vertical en posición de flexión de rodilla y este cambiará en el aire la posición de piernas. Al aterrizar debe realizar una pequeña flexión de rodilla. Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



6.EJERCICIOS DE AGILIDAD:

Es la capacidad de reaccionar rápidamente con movimientos adecuados ante situaciones cambiantes, además de aprender movimientos de difícil ejecución... en un corto tiempo. Por lo tanto, la agilidad es necesaria en toda disciplina deportiva. Gracias a ella disminuyen los factores predisponentes de lesión.

Con ella se aprende la correcta colocación del cuerpo al realizar los movimientos, lo que conlleva a un aumento del equilibrio y el control del cuerpo, por lo que las personas tienen mayor capacidad de mantener y corregir su centro de gravedad y evitar hacerse daño. Ejemplos:

A) Carrera delante-atrás: 40 yd/ 1 repetición. El objetivo es aumentar la estabilidad del tren inferior (cadera, rodilla y tobillo). A partir del primer cono el deportista debe hacer un sprint hasta el segundo cono, correr hacia atrás hasta el tercer cono y sprint hasta el cuarto cono... Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



B) Carrera en diagonal: 40 yd/ 1 repetición. El objetivo es enseñar la técnica correcta para mantener la rodilla en el mismo plano que el tobillo ante un momento de inestabilidad. El deportista debe correr hacia el primer cono pivotando sobre un pie. Este debe girar el pie y correr hacia el segundo cono. Ahora debe pivotar con la pierna contraria y continuar hacia el tercer cono. El deportista debe mantener una ligera flexión de rodilla. Asegurarnos de que la rodilla se mantiene perpendicular al tobillo. Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



C) Carrera saltando: 45-50 yd/ 1 repetición. El objetivo es aumentar la fuerza de los músculos flexores de la cadera. A partir de la línea de banda el deportista debe correr saltando hacia el otro lado llevando las rodillas lo más alto posible, aterrizando con una ligera flexión de rodillas mientras la cadera se mantiene recta (sin balanceos). Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



7.EJERCICIOS DE PROPIOCEPCIÓN:

El entrenamiento somato-sensorial puede ayudarnos a evitar posibles lesiones en la práctica deportiva. Algunos ejercicios a realizar son:

A) Sentado sobre un fit-ball con los pies apoyados en el suelo, un compañero nos provoca pequeños desequilibrios en varias direcciones y debemos mantener la postura sin despegar los pies del suelo. Para aumentar la dificultad, se puede realizar lo mismo pero con apoyo de una sola pierna. Myklebust G et al (10).



B) Realizar el mismo ejercicio anterior sobre apoyo unipodal. Un compañero se sitúa delante de la jugadora y le lanza un balón variando la dirección (arriba, abajo y a los lados). Para aumentar aún más la dificultad de este ejercicio se incrementará la velocidad de los lanzamientos, se lanzará una pelota (disminuir el tamaño del objeto o se harán lanzamientos más alejados de la línea media del cuerpo). Myklebust G et al (10).



C) En apoyo unipodal sobre el suelo, con la rodilla ligeramente flexionada, manos sobre las caderas, mantener el equilibrio durante un minuto y después aumentar la dificultad del ejercicio: Myklebust G et al (10).



Base de apoyo inestable

Moviendo la extremidad que no apoya



Ojos cerrados

Lanzándole un balón a diferentes alturas



D) En apoyo unipodal sobre el suelo y con las manos sobre las caderas, realizar flexo-extensiones de rodilla (sentadillas). Comenzamos con sentadillas parciales, a 135º y vamos progresando hasta llegar a 90º. Myklebust G et al (10).



8.EJERCICIOS DE ESTABILIDAD CENTRAL (CORE):

El trabajo del “Core” consiste en la estabilidad del tronco, del que parten las extremidades y el cuello. Se trata de conectar las 2 “cinturas” que existen, con la posición de la columna vertebral:

- Cintura pélvica: Control del movimiento de columna dorsolumbar y miembros inferiores.
- Cintura escapular: Control del movimiento de columna cervicodorsal y miembros superiores.

El desuso y las lesiones provocan en general la “desactivación” de la musculatura profunda con función estabilizadora. El trabajo del “Core” reprograma estos patrones poco a poco. Ejemplo: Transverso abdomen, suelo de la pelvis, multifidos, trapecio inferior, subescapular, serrato anterior, músculo largo cabeza y del cuello. TRANSVERSO ABDOMEN + SUELO PELVIS SIEMPRE ACTIVOS. La fluidez se consigue tras años de entrenamiento.

El movimiento se tiene que hacer en **expiración** porque es cuando el diafragma sube y disminuye la presión intraabdominal, entonces la contracción del transverso es más eficiente (región dorsolumbar protegida). Ejemplos:

A) Nordic hamstring lower → De rodillas, activando el transverso, inclinarse hacia delante manteniendo la cadera neutra. Rodilla, cadera y hombro deben estar alineados. Aquí el cuádriceps realiza un gran trabajo. Compañero sujeta los tobillos. Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).



B) Ejercicios para el músculo transverso → durante estos ejercicios es muy importante mantener activo el transverso el mayor tiempo posible (meter la tripa hacia dentro). Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).

- Abdominales transverso “plancha” con codos apoyados.



- Abdominales transverso “plancha lateral” un lado con codo apoyado.



9.EL ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA RODILLA (concienciación de la posición de la rodilla) debe estar muy presente en la realización de cualquiera de los ejercicios anteriores. Mandelbaum BR et al (12) y Gilchrist J et al (13).

